

# 制造系统基本概念及主要模式

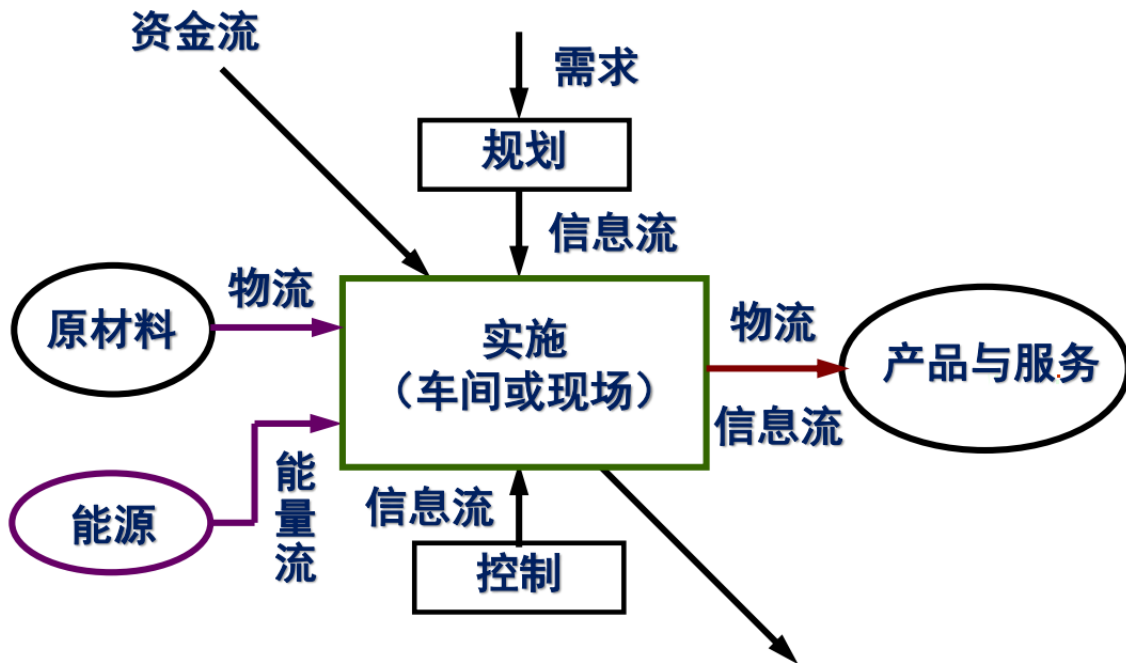
狭义制造：传统的机械制造，重点是加工和装配

狭义制造过程：通过机器和工具将原材料转变为有用产品的过程。强调**工艺过程**。

广义制造（现代制造）：产品的全生命周期过程中，从供应市场到需求市场整个供需链中的所有活动。设计产品设计、物料准备、加工、装配、销售和服务。

广义制造过程：将制造资源转变为可用产品并保证其正常使用过程。强调**产品全生命周期过程**。

四个流：资金流、信息流、物流、能量流



- 制造系统的要素
  - 硬的方面：人、生产设备、材料、能源及各种辅助设备
  - 软的方面：制造理论、制造技术（制造工艺、制造方法）、制造信息等
- 制造系统的目标
  - 与产品相关的性能指标
    - 生产率：单位时间内生产的产品数量
    - 通过实践：零件从进入系统直到加工处理完毕而离开系统所经历的时间
    - 等待队长：在某一时刻在进入某加工系统进行加工之前等待加工的工件数
    - 等待时间：工件在等待接收加工服务的队列中所逗留的时间
    - 在制品数：投放到车间进行生产但尚未完成的零件数
  - 与设备相关的性能指标
    - 生产能力：指在计划期内，企业参与生产的全部固定资产。在既定的组织技术条件下，所能生产的产品数量或者能够处理的原材料数量。
    - 设备利用率：指设备的实际开动实际占制度工作时间的百分比
    - 平均故障间隔时间：机器在出现两次故障之间运行的平均时间间隔
    - 平均修复时间：机器修复并恢复运行所需要的平均时间
  - 与复杂性相关的性能指标

- 柔性
- 可靠性
- 集成度
- 生产均衡性
- 制造模式：为了完成特定的生产任务而采取的一种有效的生产方式和一定的生产组织形式。是提供制造系统通用的和全局的样板。

分类：

- 制造过程的可变性
  - 刚性：大批量、少品种，高生产率、低应变率
  - 柔性
    - 单机柔性：小批量、多品种
    - 系统柔性：中等批量、中等品种
  - 快速重组（可重构）
- 制造过程利用资源的范围
- 信息流与物流运动方向
- 面向21世纪的制造模式

## 制造系统的体系结构与运行原理

---

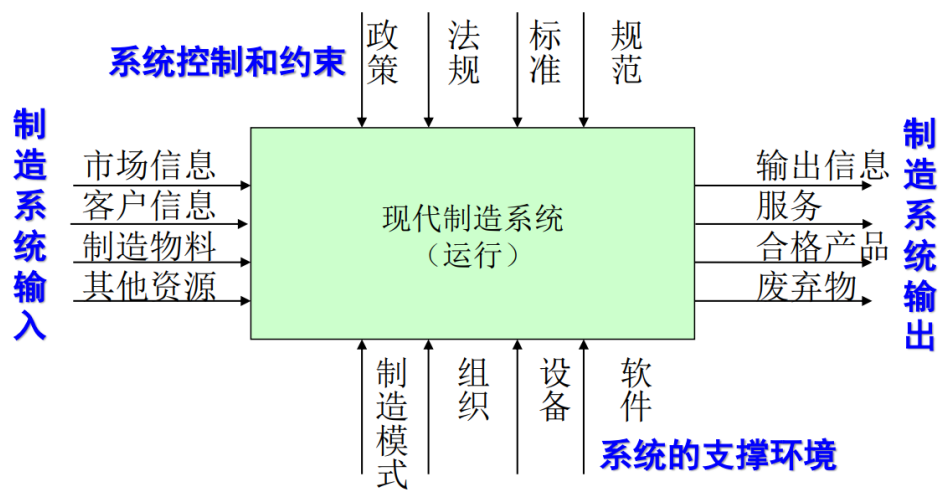
### 制造系统功能视图

---

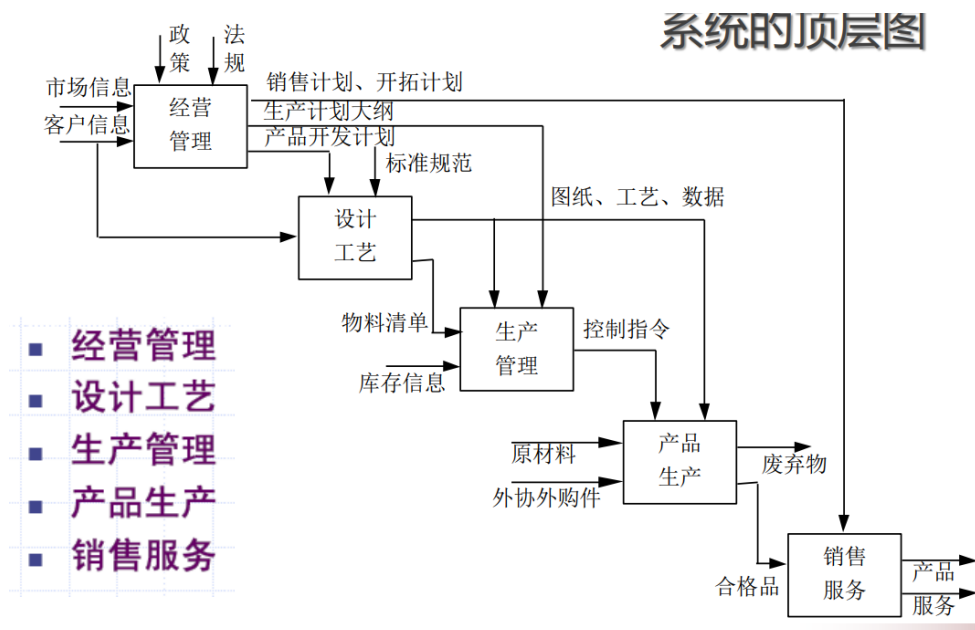
IDEF0图：描述系统的功能活动及其联系，建立系统的功能模型。

用简单的图形符号和简洁的文字说明，描述系统在不同层次上的功能。将系统的功能称为活动，将表示系统功能的图形称为活动图形。

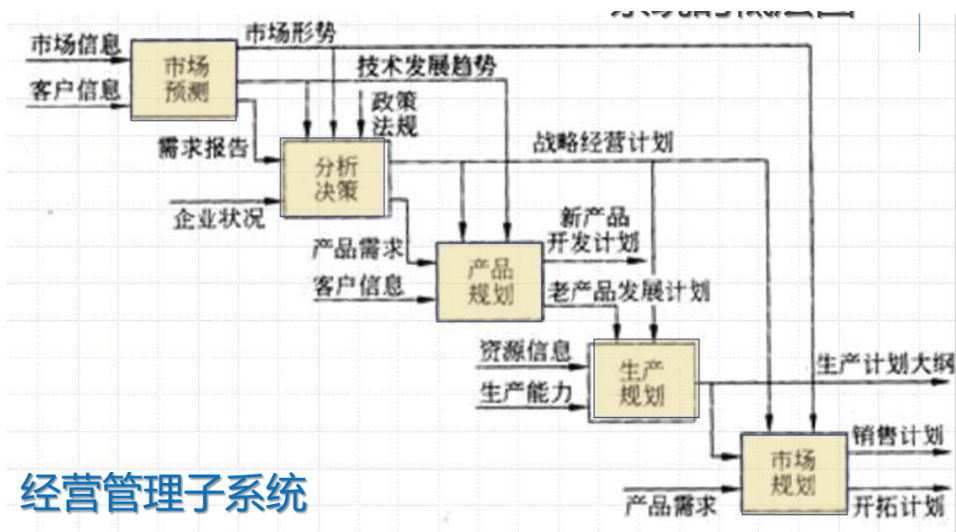
- 活动图形
  - 左输入，上控制，下机制，右输出
  - 盒子左边及上方进入的箭头表示为完成此活动所需要的数据或对象，盒子右边离开盒子的箭头表示执行活动时产生的数据或对象。输入与输出的关系就是活动，是将输入转变为输出的一种变换。
  - 输入：输入就是这个活动需要“消耗掉”、要“用掉”或“变换成”输出的东西，它可以是具体的事物、抽象的数据或其他用名词表示的东西。
  - 控制：控制说明了控制变换的条件或环境，或者说是约束。  
输入与控制无法明确区分时，可以看作控制。每个活动至少有一个控制箭头。也就是说，一个活动可以没有输入，但不允许既没有输入又没有控制。
  - 机制：盒子底部的箭头作为机制。它可以是执行活动的人或设备，或者某个系统。
- 现代制造系统的体系结构
  - 最上层的IDEF0图（A-0）：系统的内外关系图

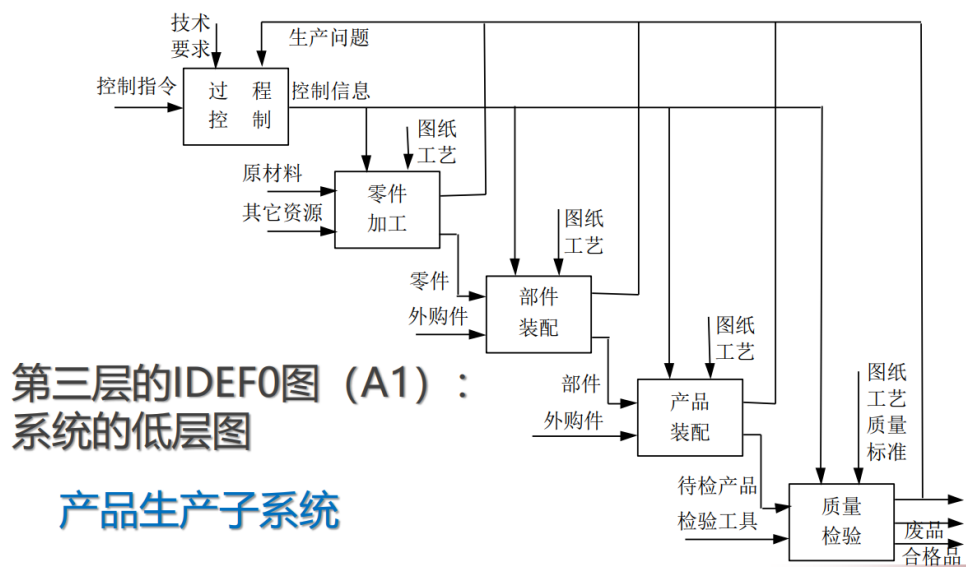
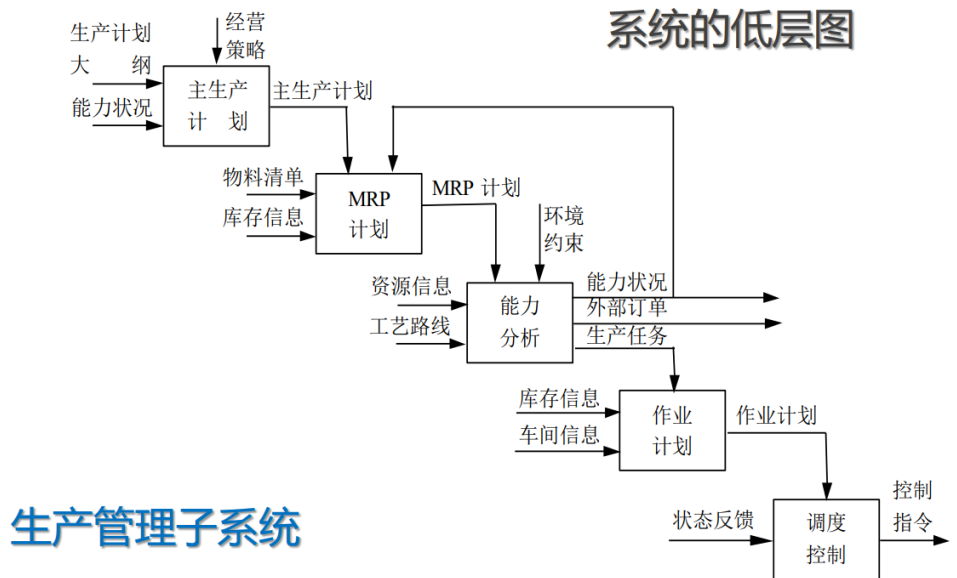
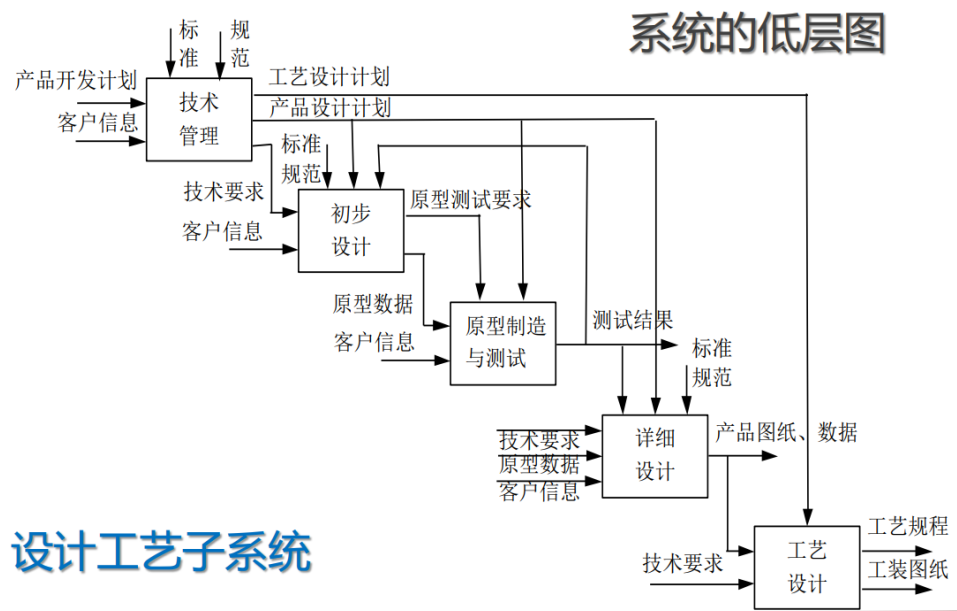


○ 第二层的IDEF0图 (A0)：系统的顶层图



○ 第三层的IDEF0图：系统的低层图





## 制造系统的设计与仿真

生产线的基本概念

- 工序：一个（或一组）工人，在一个固定的工作地点，对一个（或同时对几个）工件所连续完成的那部分工艺过程，称为工序。
  - 组成生产过程的最小单元

- 同一工序的工作地和劳动对象固定不变。
- 节拍：连续出产相邻两件相同制品的时间间隔。
  - $\text{节拍} = \text{有效工作时间} \times \text{产出数量} \times (1 + \text{不良率})$
  - 最短节拍等于最长工序（瓶颈）作业时间
  - 最长节拍等于各工序作业时间之和
  - 节拍区间确定了生产线的产量范围
- 节奏：如果产品是成批制作的，则流水线上前后出产两批相同产品之间的时间间隔称为节奏。
  - $\text{节奏} = \text{节拍} \times \text{批量}$
- 瓶颈：生产线上作业时间最长的工序。
  - 影响后续工序进度/影响产品配套
- 生产线平衡（工序同期化）：使各工作上的工序时间尽可能相近。
  - 流程：确定生产线的节拍/节奏；计算生产线所需的最小工位数；将作业分配到各个工位；评价生产线效率。

#### 相关公式

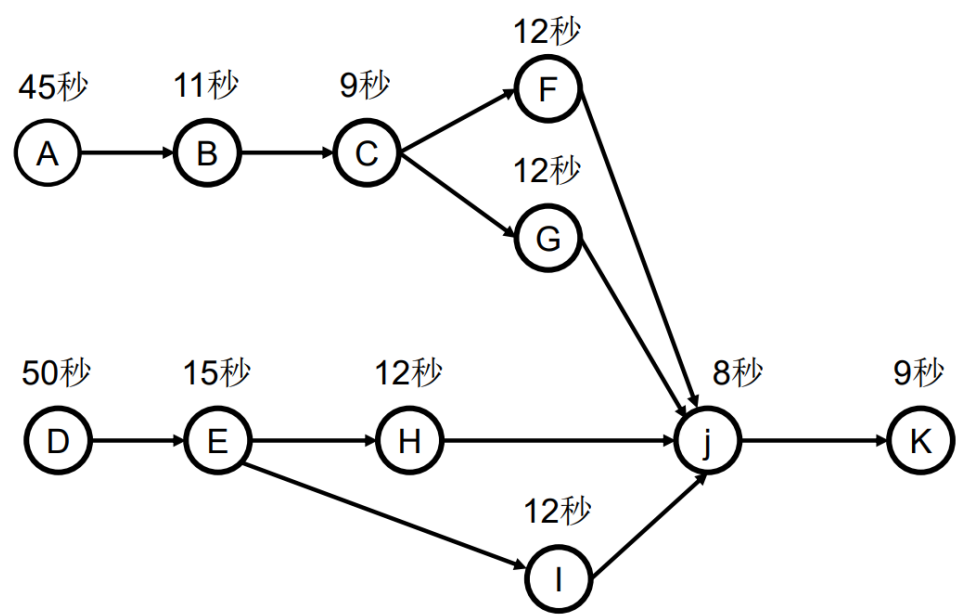
- $\text{节拍} = \text{计划期有效工作时间} / \text{计划期产量}$
- $\text{最小工位数} = \lceil \text{所有作业时间之和} / \text{节拍} \rceil$  上取整
- 流水线负荷率：所有作业时间之和/工作站数量
- $\text{剩余时间} = \text{节拍} - \text{作业时间}$
- 原则：保证各工序之间的先后顺序；每个工作地分配到的工序作业之和，不能大于节拍；各工作地的作业时间应尽量接近或等于节拍；应使工作地数目尽量少。
- 规则：
  - 规则一：按后续作业数量最多
  - 规则二：按作业时间最长
  - 规则三：按该项作业元素时间与后续作业元素时间的总和最大（阶位法）

例：

例5：某玩具厂生产的玩具小车要在一个传送带上组装，每天需生产500件。每个工作日的生产时间为420分钟，下表列出了玩具小车的组装步骤及其时间。请：（1）画出作业顺序图；（2）计算装配线最小节拍；（3）求装配线最少需要工位数；（4）将作业分配到各工位；（5）分析生产线效率。

作业	时间（秒）	描 述	必须提前的作业
A	45	安装后轴支架，拧紧4个螺母	—
B	11	插入后轴	A
C	9	拧紧后轴支架螺栓	B
D	50	安装前轴，用手拧紧4个螺母	—
E	15	拧紧前轴螺栓	D
F	12	安装1#后车轮，拧紧轮轴盖	C
G	12	安装2#后车轮，拧紧轮轴盖	C
H	12	安装1#前车轮，拧紧轮轴盖	E
I	12	安装2#前车轮，拧紧轮轴盖	E
J	8	安装前轴上的车把手，拧紧螺栓和螺钉	F, G, H, I
K	9	上紧全部螺栓和螺钉	J
合计	195		

画出装配作业顺序图



计算节拍

$$r = \frac{\text{计划期有效工作时间}}{\text{计划期产量}}$$

$$= \frac{60 \text{（秒）} \times 420}{500} = 50.4 \text{（秒）}$$

计算最小工位数

$$S_{\min} = \left[ \frac{\sum t}{r} \right] = \left[ \frac{195}{50.4} \right]$$

$$= [3.87] = 4 (\text{个工作地})$$

若采用规则一：

工作站	作业	作业时间 (s)	剩余时间 (s)	可安排的 紧后作业	紧后作业最多 的作业	时间最长的 作业
1	A	45	5.4空闲	无		
2	D	50	0.4空闲	无		
3	B	11	39.4	C、E	C、E	E
	E	15	24.4	C、H、I	C	F、G、H、I
	C	9	15.4	F、G、H、I	F、G、H、I	H、I
	F	12	3.4空闲	无		
4	G	12	38.4	H、I	H、I	
	H	12	26.4	I		
	I	12	14.4	J		
	J	8	6.4空闲	无		
5	K	9	41.4空闲	无		

若采用规则二：

工作地	作业元素	阶位值	紧前作业	作业时间(s)	累计作业时间(s)	剩余时间(s)
1	A	106	—	45	45	5.4
2	D	106	—	50	50	0.4
3	B	61	A	11	11	39.4
	E	56	D	15	26	24.4
	C	50	B	9	35	15.4
	F	29	C	12	47	3.4
4	G	29	C	12	12	38.4
	H	29	E	12	24	26.4
	I	29	E	12	36	14.4
	J	17	F,G,H,I	8	44	6.4
5	K	9	J	9	9	41.4

若采用规则三：

工作站	作业	作业时间(s)	剩余时间(s)	可安排的紧后作业	时间最长的作业	紧后作业最多的作业
1	D	50	0.4空闲	无		
2	A	45	5.4空闲	无		
3	E	15	35.4	B、C、H、I	H、I	B、C
	H	12	23.4	I、B	I	B
	I	12	11.4	J、B	B	B
	B	11	0.4空闲	无		
4	C	9	41.4	F、G	F、G	F、G
	F	12	29.4	G、J	G	G
	G	12	17.4	J		
	J	8	9.4空闲	K		
	K	9	0.4空闲	无		

# 制造系统信息化及计划管理

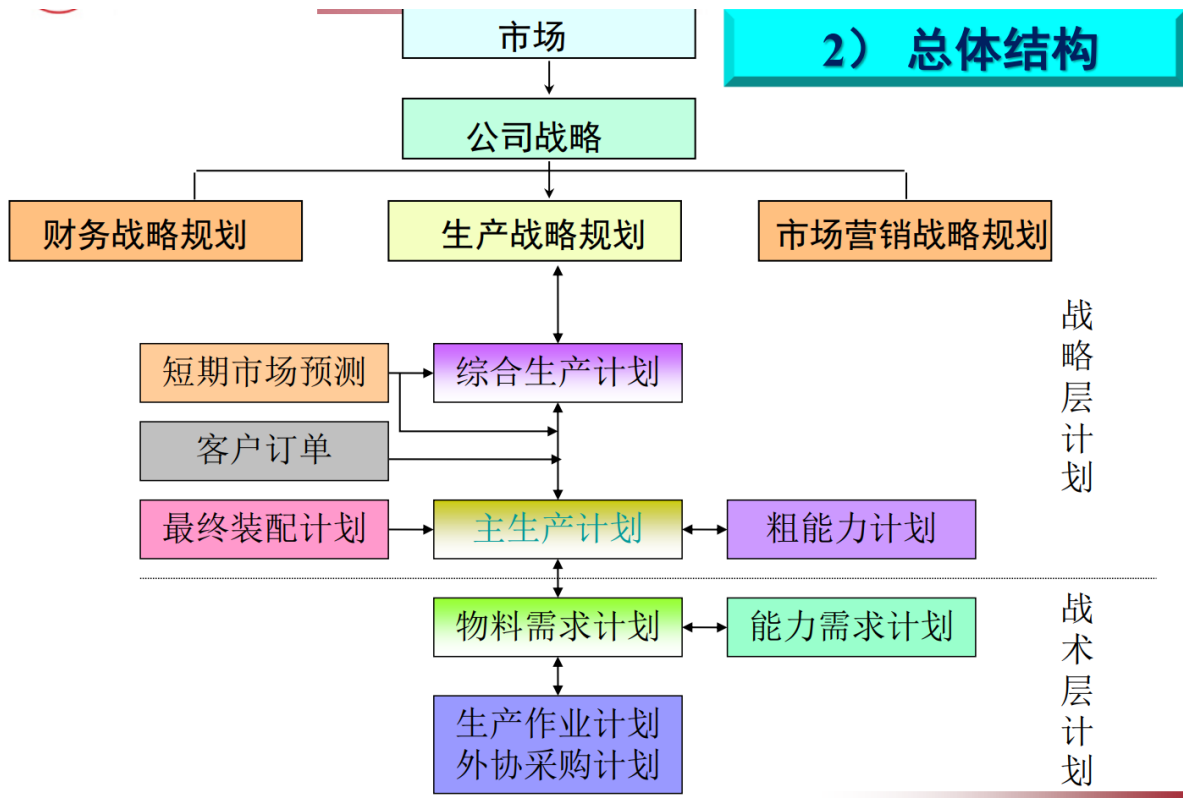
## 总体结构

战略层控制：全局上对制造系统的运行进行决策和规划。

- 决策：根据市场需求和制造系统的实际情况，对制造系统未来某一时期内的总体运行方向和目标进行决策。
- 规划：根据决策结果，指定综合生产计划、主生产计划、粗能力计划等

战术层控制：将战略层控制任务进行细化。

- 物料需求计划、能力需求计划、生产作业计划



## 主生产计划MPS

根据综合生产计划来指定。



确定生产的产品型号、数量和日期。

是制定物料需求计划（MRP）的依据。

编制主生产计划可得每个月的具体生产情况如下：

发动机的综合生产计划

月份	1	2	3
发动机产量/台	1450	1300	1350

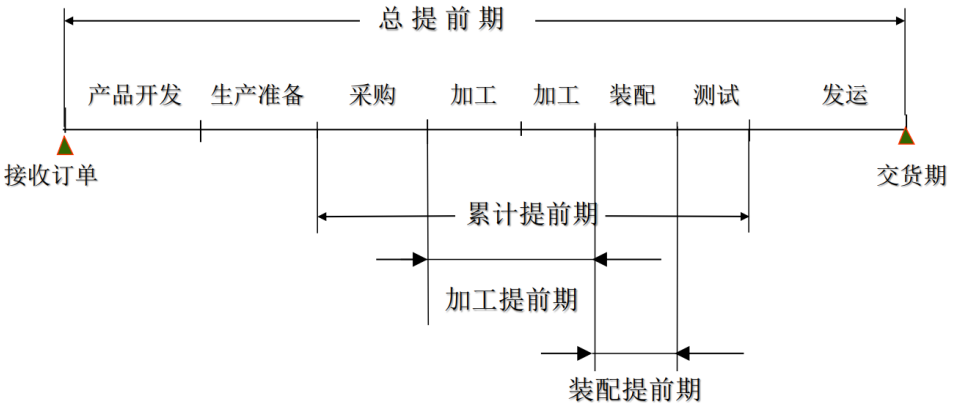
各型号发动机的主生产计划

周	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
型号A	200	150			150	150					320	
型号B			300	100			200	150	150			280
型号C			150	200	200	150				200	150	
型号D	100	250					100	200	150			100

主生产计划的制定

基本概念

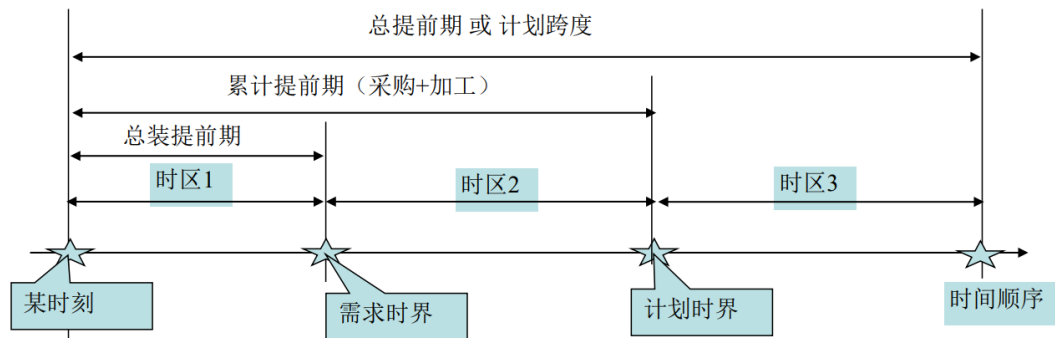
- 交货周期：订货到发运产品所需的时间。包括制造时间、运输时间及等待时间。
- 提前期：某一工作的时间周期。即从工作开始到工作结束的时间。
  - 生产准备提前期：生产计划开始到生产准备完成
  - 采购提前期：采购订单下达到物料完工入库
  - 加工提前期：生产加工投入开始到生产完工入库
  - 装配提前期：装配投入开始到装配完工
  - 累计提前期：采购、加工、装配提前期的总和（制造周期）
  - 总提前期：整个生产周期。产品设计、生产准备、采购、加工、装配、检测、发运的提前期总和。



- 加工装配阶段，提前期分为五类时间：
  - 排队时间: 指一批零件在工作中心前等待上机器加工的时间。
  - 准备时间: 熟悉图样及技术条件，准备工具及调整的时间。

- 加工时间：在工作中心加工或装配的时间。
- 等待时间：加工完成后等待运往下道工序或储存库位的时间。
- 传送时间：工序之间或工序至库位之间的运输时间。
- 加工装配周期=五类时间之和

- 时段、时区与时界



- 时区1：需求依据实际合同，计划已下达及执行，计划变动代价极大，很难变动
  - 需求时界：时区1与2的分界线。提醒计划人员，早于这个时界的计划产品已经投入生产，装配已在运行，应尽量避免更改
  - 时区2：需求依据合同与预测。可以取：合同、预测、合同与预测之和、最大值。
  - 计划时界：时区2与3的分界线。提醒计划人员，在这个时界和需求时界之间的计划，已确定，已确认及下达，变动代价大，计算机系统不能自动变动更改，只能由人工干预。
  - 时区3：计划以预测为主，或取预测与合同的最大值。计划允许变动，无代价。系统可自动更改，计划员即有权可进行更改。
- 毛需求：需求时段按合同量计算；以后是预测和合同中取大的。
  - 净需求 = 本时段毛需求 - (前一时段末的可用库存量 + 本时段的计划接收量) + 安全库存的需求量  
 小于等于0：无净需求；  
 大于0：有净需求；
  - 可供销售量 = 某时段计划产出量 (含计划接收量) - 下一次出现计划产出量之前各时段合同量之和。

填表

物料号：100000

计划日期：2000/01/31

物料名称：X

安全库存量：5

计划员：CS

提前期：1周

批量：10

需求时界：3

现有库存量：8

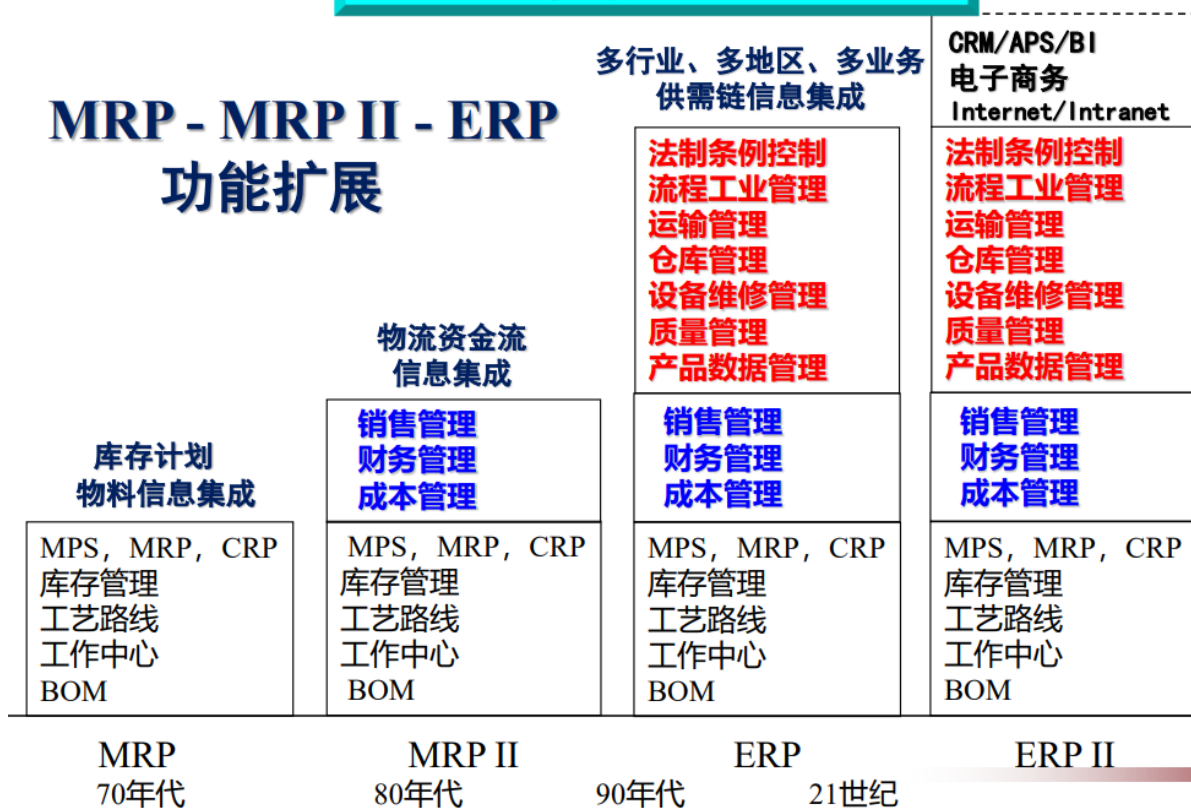
批量增量：10

计划时界：8

时 段	当期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		02/03	02/10	02/17	02/24	03/03	03/10	03/17	03/24	03/31	04/07	04/14
预测量		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
合同量		12	8		2	7	6		13	5		2
毛需求												
计划接收量												
预计库存量												
净需求												
计划产出量												
计划投入量												
可供销售量												

1. 毛需求量  
需求时段：毛需求量=合同量（订单量）  
后面的时段：毛需求量=Max(预测量，合同量)
2. 净需求量  
净需求量=本时段毛需求+安全库存的需求量-（前一时段的可用库存量 + 本时段的计划接收量）  
小于0置0
3. 可用（预计）库存量  
可用库存量=前时段可用库存量+本时段计划接受量+本时段计划产出量-本时段毛需求量  
第一期的计划接受量=批量增量
4. 计划产出量  
净需求=0，批量增量=0；  
否则：  
净需求<批量增量?批量增量:比净需求大的整数倍批量增量
5. 预计可用库存量  
预计库存量 = 前一时段的可用库存量 + 本时段计划接收量 + 本时段计划产出量 - 本时段毛需求
6. 计划投入量  
计划投入量 = （时段+提前期）对应的时段的计划产出量
7. 预计可供销售量  
第一时段：前期可用库存量+计划产出量+接受量-合同量  
可供销售量=某时段计划产出量+计划接受量-下一次出现计划产出量之前各时段合同量之和

## 6) 小结



**MRP → MRP II → ERP  
的扩展关系**

**是发展/包罗  
不是取代/否定**

