



生产计划

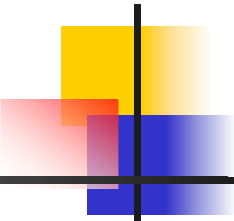
Production Planning

邱灿华

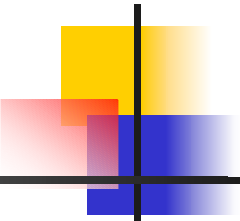
同济大学经济与管理学院

Outline

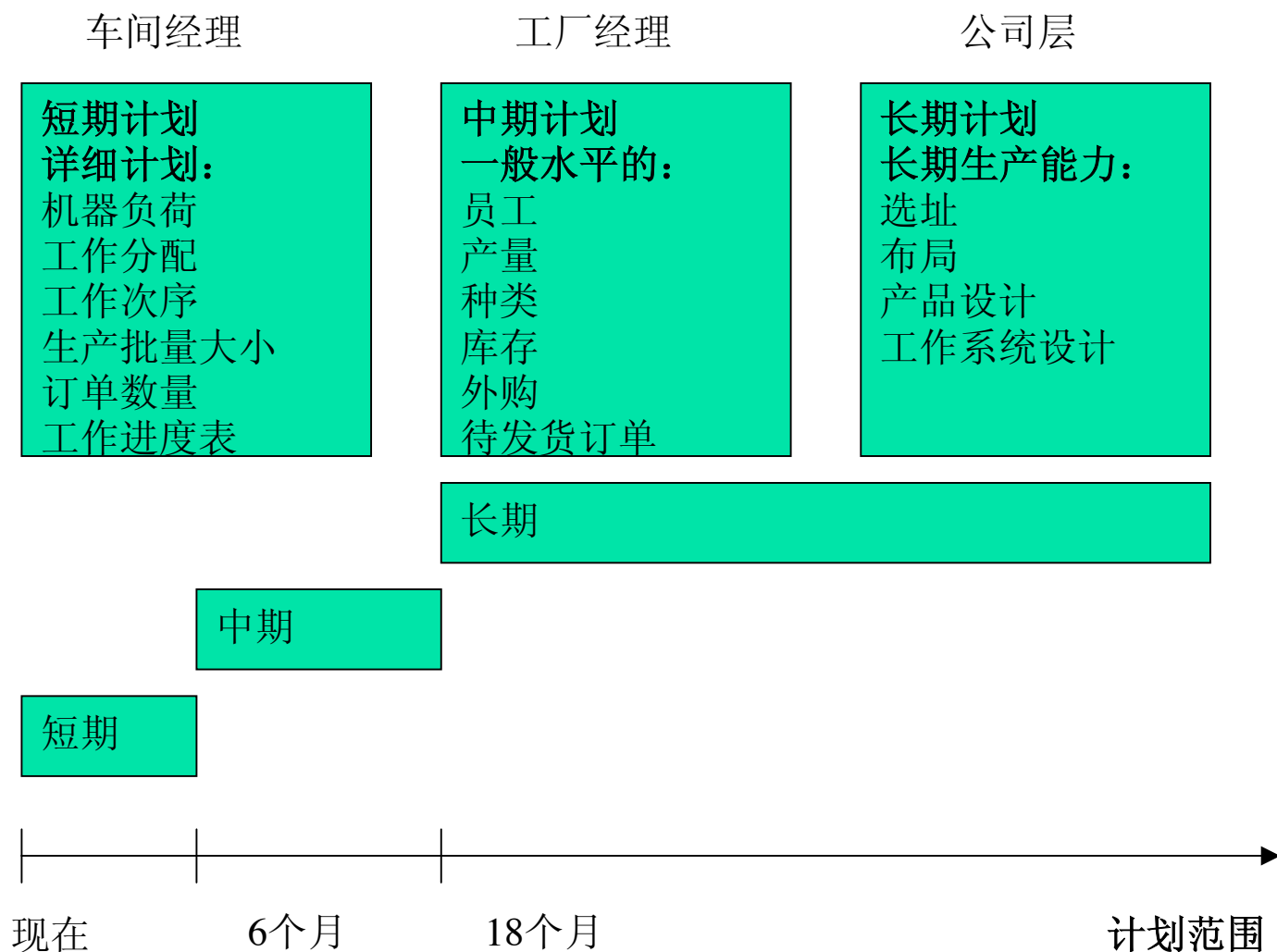
- 生产计划的层次
- 综合生产计划
- 各种生产类型下的生产计划
- 作业排序问题



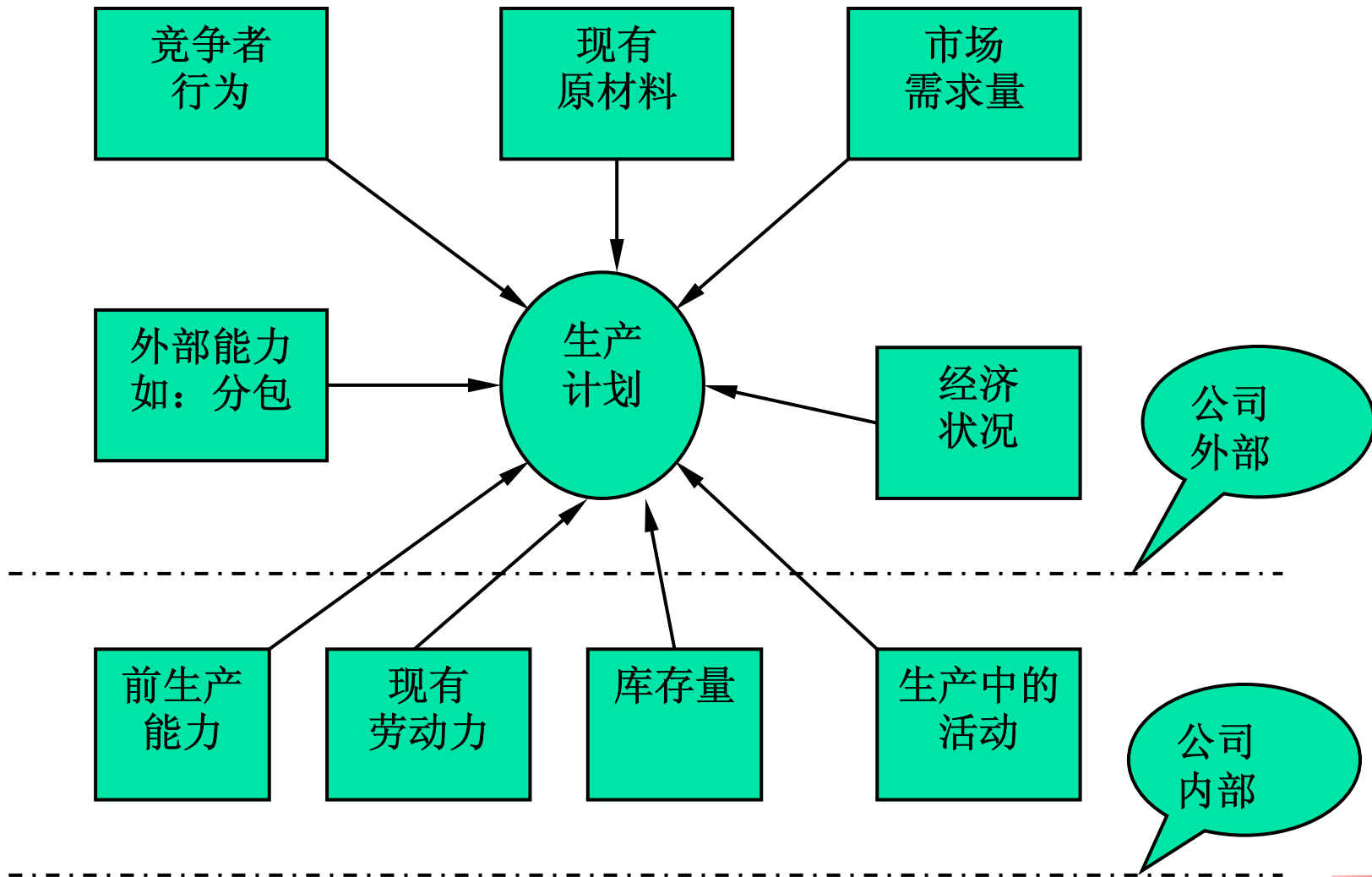
一、生产计划概述



1、生产计划层次



2、生产计划的环境



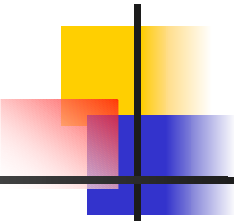
•关于环境因素

■ 需求管理的一般方法

- 定价与促销；
- 补偿性产品；
- 延迟交货；

■ 内部可控因素的差异

- 前生产能力（厂房、设备）变化的可能性小；
- 劳动力（工会、劳动法对劳动力使用的限制）；
- 库存（对库存占用资金的限制）



3、综合生产计划 Aggregate Planning

- 为满足需求，对**产出水平、员工、产成品库存水平**的全面计划。
- 总生产计划、年度生产计划、产品生产大纲，转化为以实物量 and 价值量表示的生产任务；
- 是实现企业经营目标的最重要的计划，是编制生产作业计划、指挥企业生产活动的**龙头**；
- 编制各种职能计划的重要依据（财务、人事、采购）；
- 综合计划实质是计划中的**大图像**。
 - 尽力避免对单个产品的关注，而是一组类似的产品
 - 更容易**衡量生产能力**



■ 生产计划的一般理解

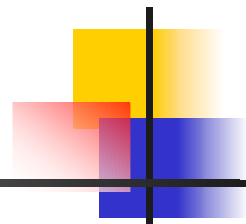
也称基本生产计划或年度生产大纲。一般为年度计划。是对企业总体生产任务的确定与进度安排。

■ 特点：

- 空间上：包括企业全体；
- 时间上：一般为年或月；
- 对象上：一般以产品整体为单位。

■ 主要功能：

- 需求管理；
- 产量计划；
- 出产进度计划；
- 生产能力平衡等。

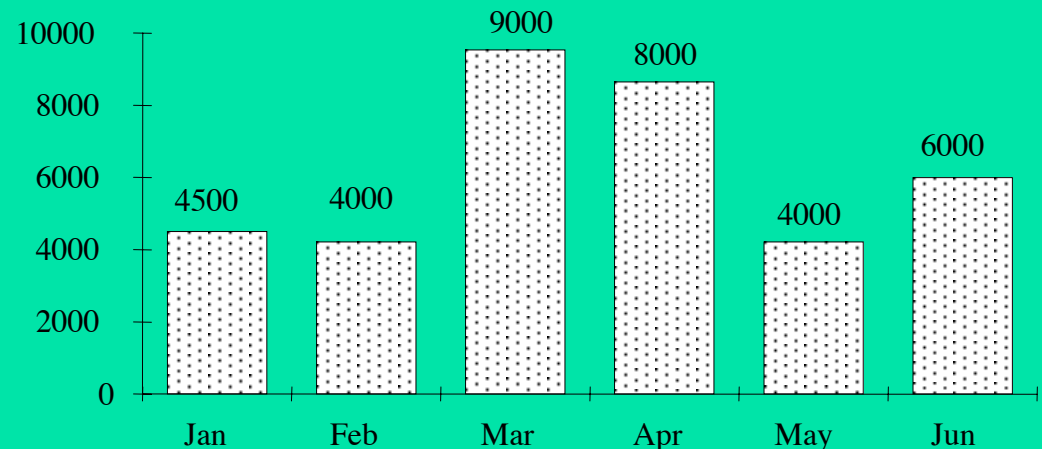
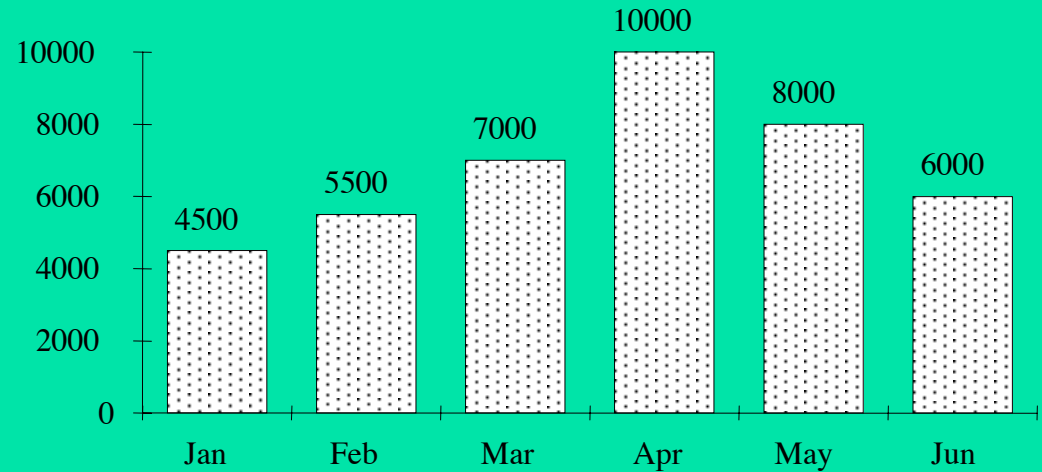


Balancing Aggregate Demand and Aggregate Production Capacity

Suppose the figure to the right represents forecast demand in units.

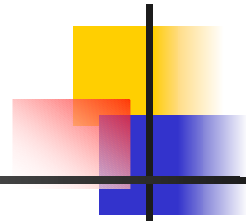
Now suppose this lower figure represents the aggregate capacity of the company to meet demand.

What we want to do is balance out the production rate, workforce levels, and inventory to make these figures match up.

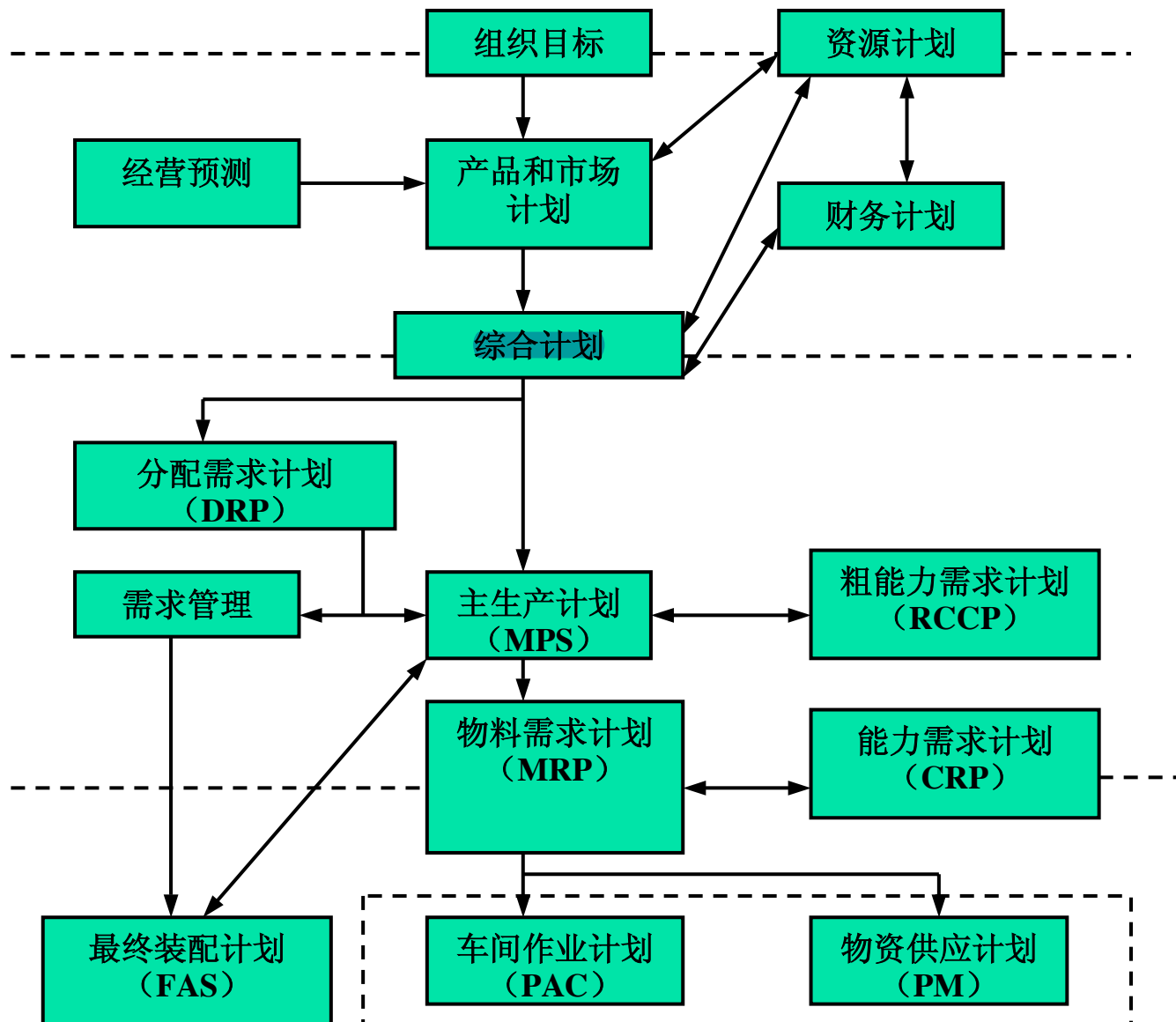


4、作业计划 Job Scheduling

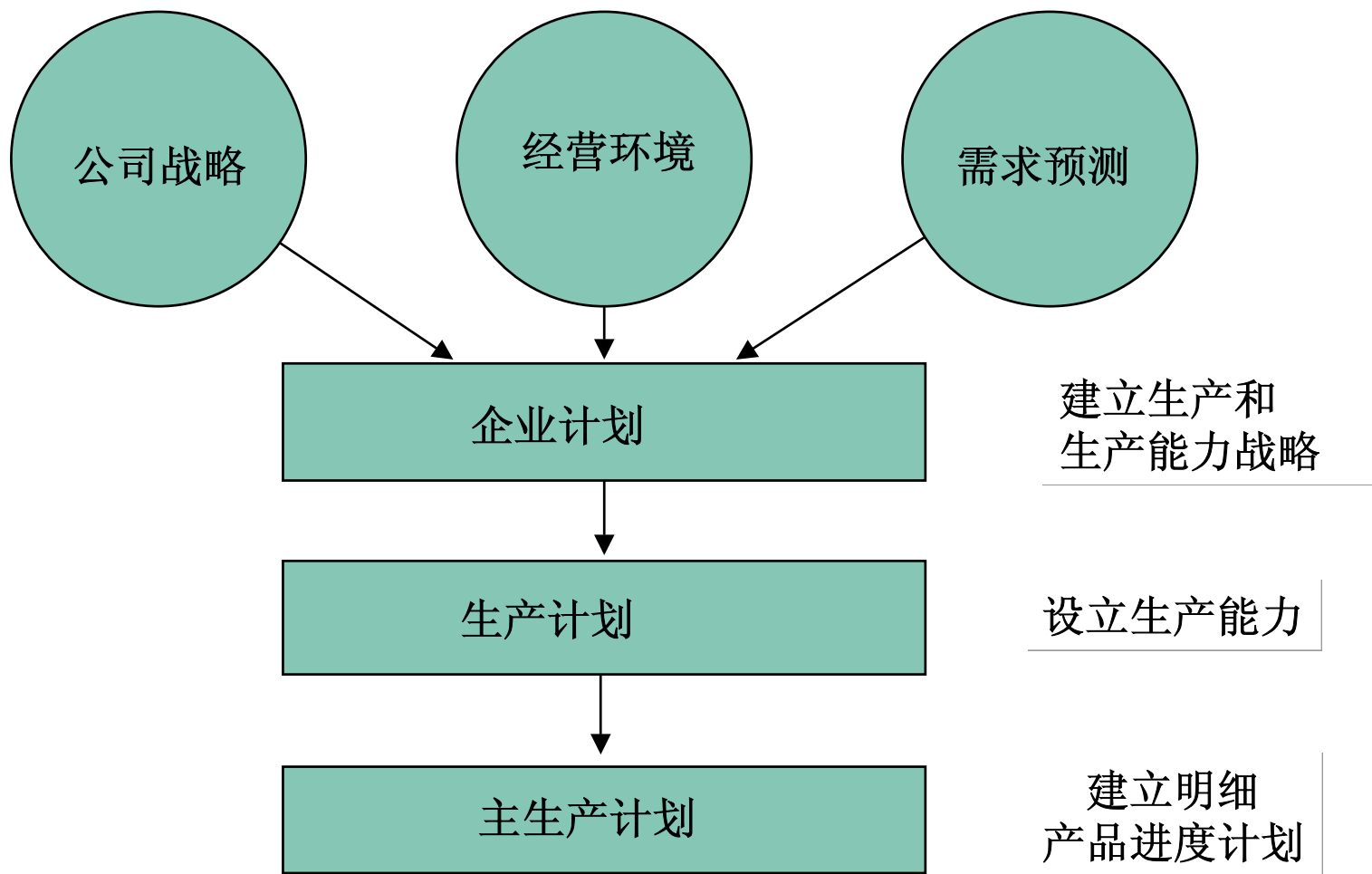
- 作业计划：短期生产计划、指令性计划
是生产计划的执行计划，且兼有指挥和控制两项功能。生产作业计划是以较具体、详细的计划形式，下达任务指令，组织生产，并对实施过程及结果监控。
- 任务分解特点：
 - 在空间上到工厂、车间、工段、班组、机台；
 - 时间上分解到月、周、日、班、小时；
 - 加工对象上：以部件、零件、工序计划为单位。



5、各种生产计划之间的关系



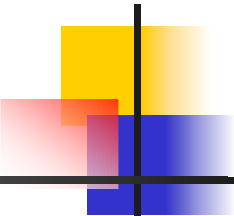
二、生产计划的制定程序



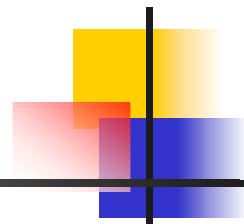
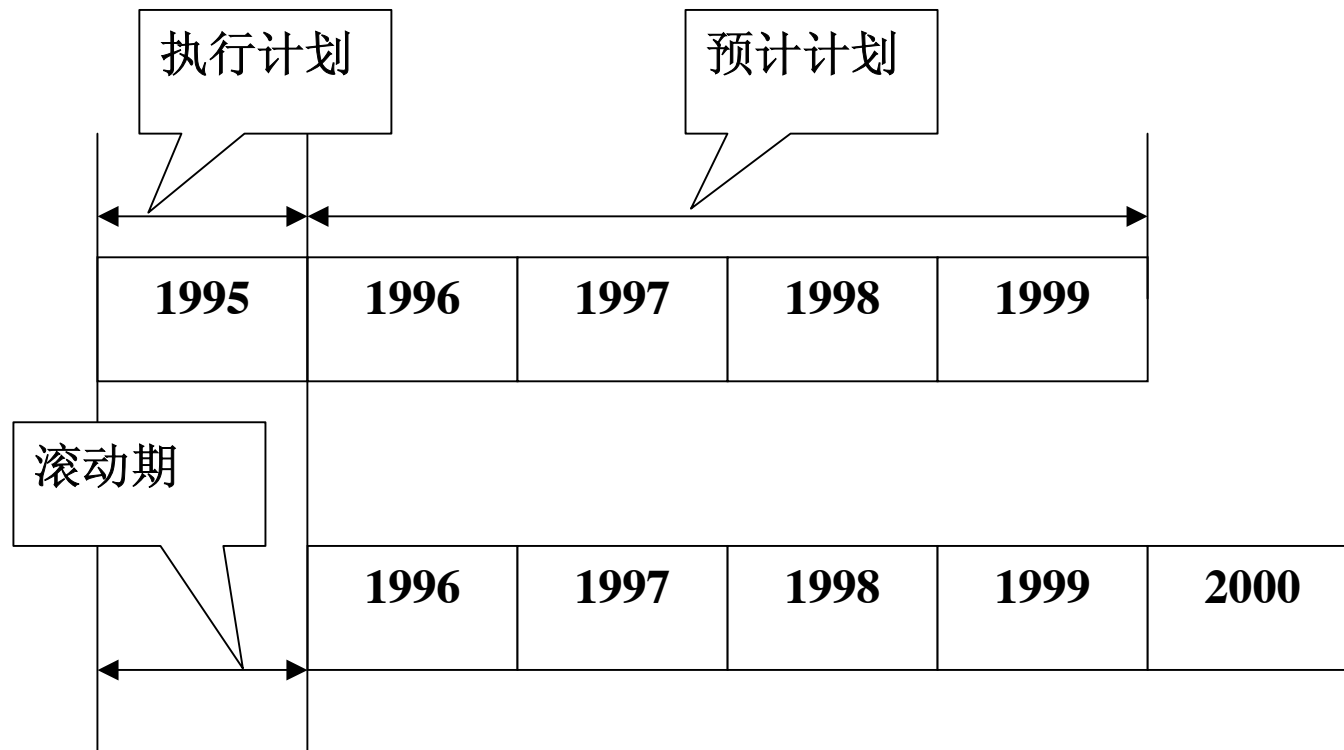
•主要功能

- 任务分解（物料需求计划MRP）：

对生产计划确定的生产任务根据产品的结构,计算出各种零件、部件、配件、材料的需求量及需要时间。
- 任务分配（局部生产单位任务的确定）：
 - 自制件与外购件的确定，包括外购原材料的确定。即确定哪些零件需要通过外购解决,编制一个外购件及材料需求计划。
 - 内部任务的分配。即将自己所承担的生产加工任务,分配到各个生产单元。往往是由生产组织设计而决定的，但也会有一定的调整空间。
- 进度安排：
 - 确定每个品种、每个工艺阶段乃至每个工序的产品投入、出产时间。



•滚动生产计划



三、综合生产计划的制定

- 目标

- (1) 成本最小/利润最大
- (2) 顾客服务最大化
- (3) 最小库存投资
- (4) 生产速率的稳定性
- (5) 人员水平变动最小
- (6) 设施设备的充分利用

- 相悖关系分析

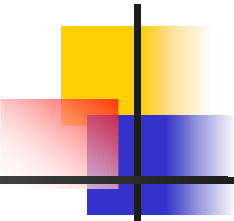
(2) / (3)

平衡

(4) / (3)

(5) / (1)

最小成本，最大限度满足需求



1、综合生产计划的输入

- 主要输入：
 - 中期需求预测+现有生产能力+现有库存；
- 追求目标为生产能力的合理利用

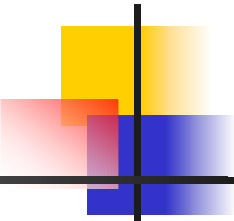
外部输入和约束：

- 经济形势
- 市场需求状况
- 原材料供应
- 竞争对手
- 其他可利用的生产能力

内部输入和约束：

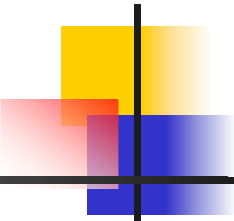
- 中期销售预测
- 当前人员状况
- 生产设备状况
- 库存状况

- 内部条件可以适当调整：
 - 延期交货可以减轻压力（旺季）
 - 产品促销以增加销售（淡季）
- 综合生产计划的目的是要决定生产的品种、数量、方式和时间，以最小的成本来满足市场的需求。



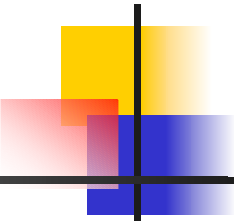
2、可用于调控生产能力的选项 决策变量

- 正常生产时间;
- 加班时间;
- 聘用/解聘
- 转包合同;
- 存货;



3、与总生产计划相关的成本

- 基本生产成本：
 - 计划期内生产产品的固定成本与变动成本，包括直接与间接劳动成本、正常与加班工资；
- 与变动生产率相关成本：
 - 雇佣、培训与解雇人员的成本；
- 库存成本：
 - 库存占用资金成本；
 - 存储、保险费、折旧与损坏；
- 延迟交货成本：
 - 企业信誉损失、合同赔偿、丧失生意机会；
- 转包成本



4、综合生产计划的策略

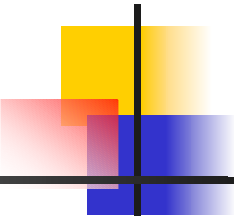
基本策略 Basic Strategies

■ Level capacity: 均衡水平策略

- 维持固定的生产率。
- 手段：利用库存水平的变化吸收实际需求的波动。

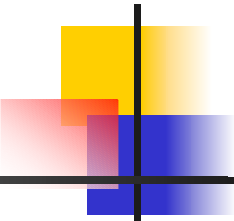
■ Chase demand: 追逐策略

- 改变活动水平以适合实际需求。
- 手段：雇佣、解聘、加班、外包。



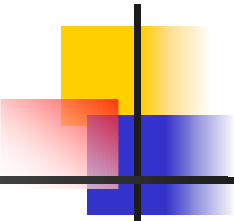
混合策略

- 单纯策略 **Pure Strategy**
 - 仅通过一个变量的调整来适应不均衡的需求。
- 混合策略 **Mixed Strategy**
 - 通过对多于一个变量的调整来适应不均衡的需求



5、综合生产计划的编制方法

- 图表法 (Graphical Method)
- 试凑法 (Trial and Error Method)
- 线性规划法 (Linear Programming)
- 运输模型法 (Transportation Model)



•图解法

- 特征:综合调整生产率、库存量与需求量的关系,以求生产和库存成本以及损失费用最低。
- 原理: 生产量、库存量与需求量三者的关系

$$I_t = I_0 + \sum P_i - \sum D_i$$

其中: I_t :第t期期末的库存量(计划量)

I_0 :计划期初的库存量(实际量)

$\sum P_i$:到第t期为止累计生产量

$\sum D_i$:到第t期为止累计需求量

注: 由于出产计划主要解决年度产量分配在各时期的问题,所以引进时间参数t,求其动态解。因此,用各数量的累计数表示关系式。

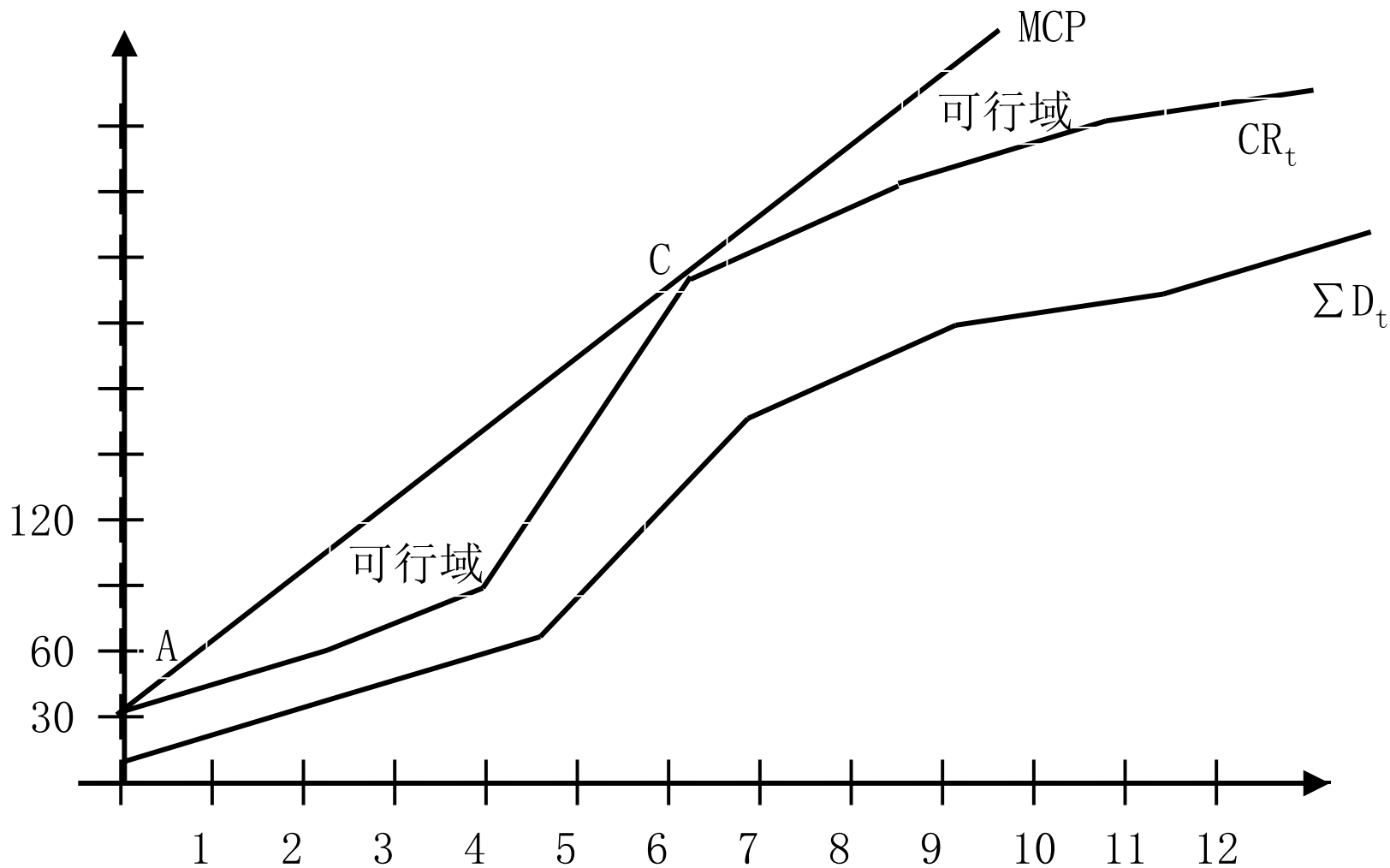


实例：某公司的生产计划编制

某产品在年度内的需求及有关数据：

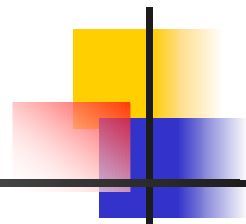
生产期间	需求预测	累计需求	最低库存	最低累计 生产需求
t	D_i	ΣD_i	MI_t	CR_t
1-- 2月	30	30	30	60
3-- 4月	30	60	60	120
5-- 6月	120	180	60	240
7-- 8月	90	270	30	300
9--10月	60	330	30	360
11--12月	30	360	30	390

图解法求排产计划：



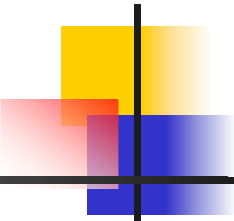
根据C点240单位, A点30单位, 可计算出:

生产率 = $(240 - 30) / 6 = 35$ 单位 注: $I_0 = 30$ 件



- 试凑法 (Trial and Error Method)

- 参考EXECL文件。



需求与工作天数							
月份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	总计
需求预测	1800	1500	1100	900	1100	1600	8000
每月工作天数	22	19	21	21	22	20	125

费用	
材料成本	100 \$/件
库存成本	1.5 \$/件·月
缺货损失	5 \$/件·月
分包边际成本	20 \$/件（\$120的分包费用减\$100的材料费用）
招聘与培训成本	200 \$/人
解聘费用	250 \$/人
单位产品加工时间	5 小时/件
正常人工成本（每天8小时）	4 \$/小时
加班人工成本（1.5倍正常人工费用）	6 \$/小时

库存	
期初库存	400 件
安全库存	月需求预测量的 25%

每天工作时间
8 小时

表14-1 总生产计划需求数据						
月份	1月	2月	3月	4月	5月	6月
期初库存	400	450	375	275	225	275
需求预测量	1800	1500	1100	900	1100	1600
安全库存（0.25*需求预测量）	450	375	275	225	275	400
生产需求量（需求预测量+安全库存-期初库存）	1850	1425	1000	850	1150	1725
期末库存（期初库存+生产需求量-需求预测量）	450	375	275	225	275	400



计划1-变动的工人人数

生产计划1：满足生产需求量；变动的工人人数

假定初期工人人数 **53**

月份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	总和
生产需求量（根据表14-1）	1850	1425	1000	850	1150	1725	
所需生产时间（生产需求量*5小时/件）	9250	7125	5000	4250	5750	8625	
每月工作天数	22	19	21	9250/176			20
每人每月工时（工作天数*8小时/天）	176	152	168	168	176	160	
所需人数（四舍五入(所需生产时间÷每人每月工时)）	53	47	30	25	33	54	
新增工人人数（假定期初工人人数等于1月份的53人）	0	0	0	0	8	21	
招聘费（新增工人人数*\$200）	\$0	\$0	\$0	\$0	\$1,600	\$4,200	\$5,800
解聘人数	0	6	17	5	0	0	
解聘费（解聘人数*\$250）	\$0	\$1,500	\$4,250	\$1,250	\$0	\$0	\$7,000
正常人工成本（所需生产时间*\$4）	\$37,000	\$28,500	\$20,000	\$17,000	\$23,000	\$34,500	\$160,000
						总成本	\$172,800

计划2-变动库存与缺货

生产计划2:固定工人人数; 变动的库存与缺货

固定的工人人数 **40**

月份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	总和
期初库存	400	8	-276	-32	412	720	
每月工作天数	22	19	21	21	22	20	
可用生产时间 (工作天数 *8小时/天*40人)	7040	6080	6720	6720	7040	6400	
实际生产量 (可用生产时 间÷5小时/件)	1408	1216	1344	1344	1408	1280	
需求预测量 (根据表14- 1)	1800	1500	1100	900	1100	1600	
期末库存 (期初库存+实际 产量-需求预测量)	8	-276	-32	412	720	400	
缺货损失 (缺货件数*\$5)	\$0	\$1,380	\$160	\$0	\$0	\$0	\$1,540
安全库存 (根据表14-1)	450	375	275	225	275	400	
(正数) 多余库存 (期末 库存-期初库存)	0	0	0	187	445	0	
库存费用 (*\$1.50)	\$0	\$0	\$0	\$281	\$668	\$0	\$948
正常人工成 时间*\$4)	\$28,160	\$24,320	\$26,880	\$26,880	\$28,160	\$25,600	\$160,000
						总成本	\$162,488

412-225

400+1408-
1800

计划3-分包

生产计划3：固定下限工人人数；分包

所用工人人数 **25**

月份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	总和
生产需求量（根据表14-1）	1850	1425	1000	850	1150	1725	
每月工作天数	22	19	21	21	22	20	
可用生产时间（工作天数*8小时/天*25人）	4400	3800	4200	4200	4400	4000	
实际生产量（可用生产时间÷5小时/件）	880	760	840	840	880	800	
分包件数（生产需求量-实际产量）	970	665	160	10	270	925	
分包成本（分包件数*\$20）	\$19,400	\$13,300	\$3,200	\$200	\$5,400	\$18,500	\$60,000
正常人工成本（可用生产时间*\$4）	\$17,600	\$15,200	\$16,800	\$16,800	\$17,600	\$16,000	\$100,000
						总成本	\$160,000

1850—880

说明：其中，所用工人人数的计算如下

最小生产需求量为4月的850件，4月所需的工人人数为 $(850*5)/(21*8)=25$

工人人数的改变不会改变总成本

计划4-固定工人数—加班

月份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	总和
期初库存	400	0	0	76	352	484	
每月工作天数	22	19	21	21	22	20	
可用生产时间（工作天数*8小时/天*38人）	6160	5320	5880	5880	6160	5600	
固定生产量（可用生产时间÷5小时/件）近似整数	1232	1064	1176	1176	1232	1120	
需求预测量（根据表14-1）	1800	1500	1100	900	1100	1600	
加班前库存量（期初库存+固定生产量-需求预测数）	-168	-436	76	352	484	4	
加班生产件数	168	436	0	0	0	0	
加班成本（加班生产件数*5小时/件*6美元/小时）	\$5,040	\$13,080	\$0	\$0	\$0	\$0	\$18,120
安全库存（根据表14-1）	450	375	275	225	275	400	
（正数）多余库存（加班前库存量-安全库存）	0	0	0	127	209	0	
库存费用（ 400+1232—1800 ）*\$1.50	\$0	\$0	\$0	\$191	\$314	\$0	\$505
正常人工成本（可用生产时间*4）	\$24,640	\$21,280	\$23,520	\$23,520	\$24,640	\$22,400	\$140,000
						总成本	\$158,625

• 运输模型法 (Transportation Model)

		第1期	第2期	第3期	...	第n期期末 存货	未用生 产能力	生产能力
时期	期初存货	0	h	$2h$	...	nh	0	I_0
	1 正常时间	r	$r+h$	$r+2h$	...	$r+nh$	0	R_1
	加班时间	t	$t+h$	$t+2h$	...	$t+nh$	0	O_1
	转包合同	s	$s+h$	$s+2h$	...	$s+nh$	0	S_1
2	正常时间	$r+b$	r	$r+h$	...	$r+(n-1)h$	0	R_2
	加班时间	$t+b$	t	$t+h$	...	$t+(n-1)h$	0	O_2
	转包合同	$s+b$	s	$s+h$	...	$s+(n-1)h$	0	S_2
3	正常时间	$r+2b$	$r+b$	r	...	$r+(n-2)h$	0	R_3
	加班时间	$t+2b$	$t+b$	t	...	$t+(n-2)h$	0	O_3
	转包合同	$s+2b$	$s+b$	s	...	$s+(n-2)h$	0	S_3
需求					...			Total

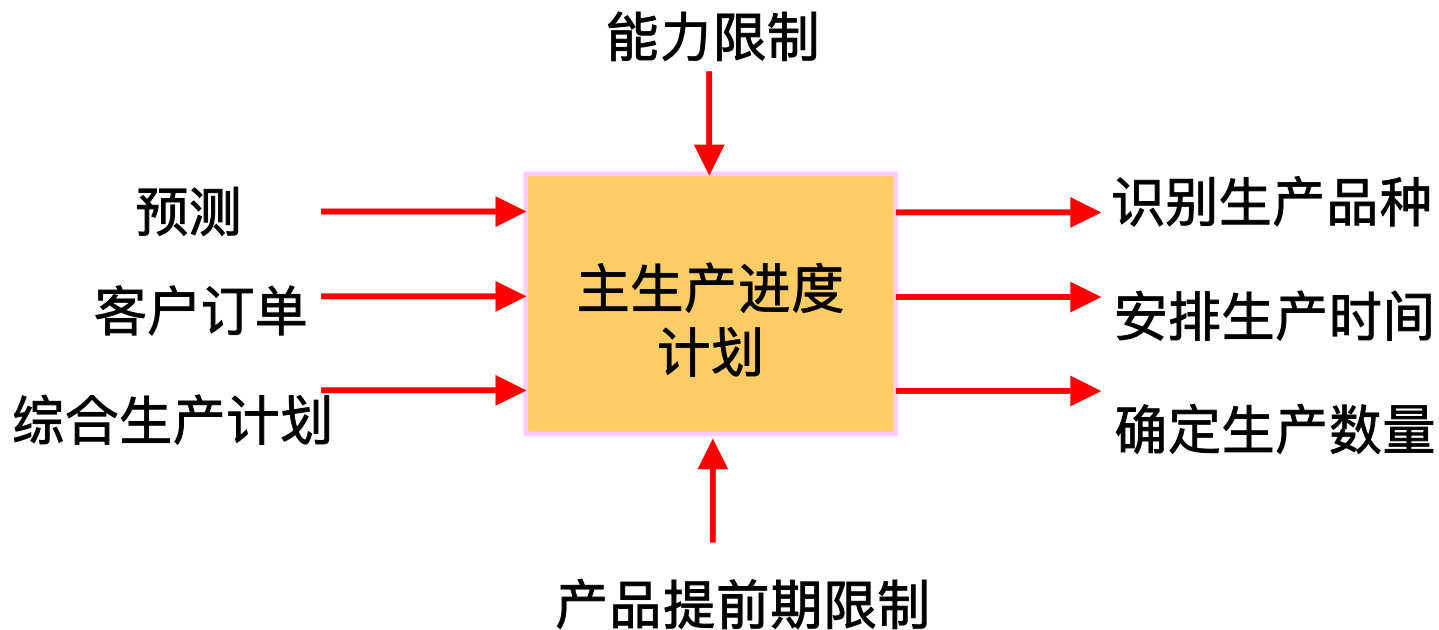
供货起始期		需求				可用生产能力总量 (供应)
		第1期	第2期	第3期	未用生产能力	
时期	期初存货	0 100	1	2	0	100
1	正常时间	60 450	61 50	62	0	500
	加班时间	80	81 50	82	0	50
	转包合同	90	91 30	92	0 90	120
2	正常时间	63	60 500	61	0	500
	加班时间	83	80 50	81	0	50
	转包合同	93	90 20	91 100	0	120
3	正常时间	66	63	60 500	0	500
	加班时间	86	83	80 50	0	50
	转包合同	96	93	90 100	0	100
需求		550	700	750	90	2,090



6、主生产进度计划

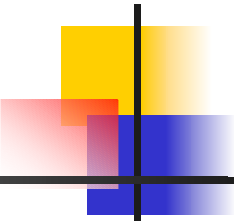
Master production schedule

- 主生产计划是详细描述何时、生产多少产品的计划。
- 是综合计划的分解。



•MPS计算模型

- 计算计划持有库存量 POH (Projected On-Hand Inventory)
- 决定MPS的生产量和生产时间
- 计算待分配库存ATP (Available-To-Promise Inventory)
 - 对新订单可做出的现实承诺



• 计算过程-非生产周的计划持有库存

期初库存

	6月				7月			
64	1	2	3	4	5	6	7	8
预测值	30	30	30	30	40	40	40	40
顾客订单（已授权的）	33	20	10	4	2			
计划持有库存	31							
主生产进度计划（MPS）								
可分配库存（ATP）								

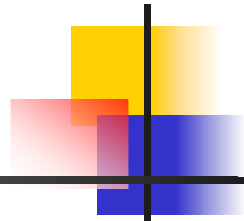
非生产周：
计划库存=上周库存-Max{
预测，订单}



•计算过程-非生产周的计划持有库存

	6月				7月			
64	1	2	3	4	5	6	7	8
预测值	30	30	30	30	40	40	40	40
顾客订单（已授权的）	33	20	10	4	2			
计划持有库存	31	1						
主生产进度计划（MPS）								
可分配库存（ATP）								

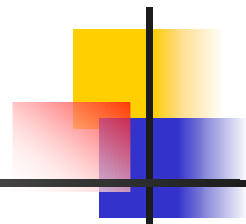
非生产周：
 计划库存=上周库存- $\text{Max}\{\text{预测}, \text{订单}\}=31-30$



• 计算过程-生产周的确定

	6月				7月			
64	1	2	3	4	5	6	7	8
预测值	30	30	30	30	40	40	40	40
顾客订单（已授权的）	33	20	10	4	2			
计划持有库存	31	1	-29					
主生产进度计划（MPS）								
可分配库存（ATP）								

如果本期不生产，依靠库存将不能满足需要，安排生产



•计算过程-生产周的计划持有库存

	6月				7月			
64	1	2	3	4	5	6	7	8
预测值	30	30	30	30	40	40	40	40
顾客订单（已授权的）	33	20	10	4	2			
计划持有库存	31	1	41	11	41	1	31	61
主生产进度计划（MPS）			70		70		70	70
可分配库存								

生产周计划库存量：
 =上周库存+生产量-本周最大需求
 =70+1-30=41



•计算过程-可承诺库存

	6月							
64	1	2	3	4				
预测值	30	30	30	30	4			
顾客订单（已授权的）	33	20	10	4				
计划持有库存	31	1	41	11	4			
主生产进度计划（MPS）			70		70		70	70
可分配库存（ATP）	11							

可承诺库存：
逐月总计已预计的顾客订单数，直到（但是不包括）产生主生产进度计划量的那一周。
第一周则是期初库存+第一周进度计划量-总的预计顾客订单数。
=64+0 -(33+20)=11



计算过程-可承诺库存

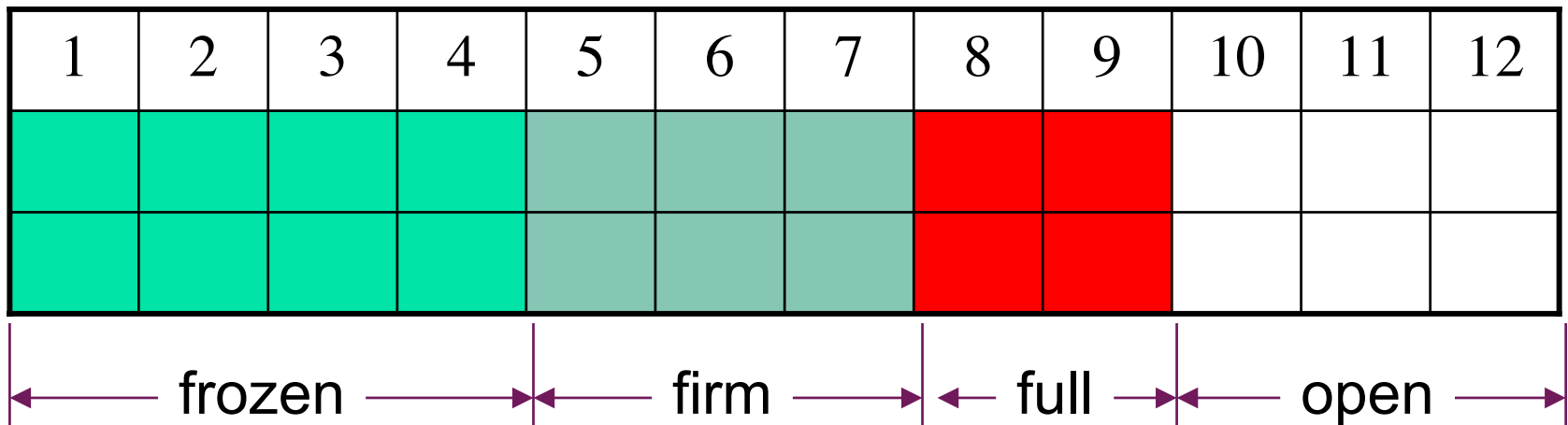
	6月				7月			
64	1	2	3	4	5	6	7	8
预测值	30	30	30	30	40	40	40	40
顾客订单（已授权的）	33	20	10	4	2			
计划持有库存	31	1	41	11	41	1	31	61
主生产进度计划（MPS）			70		70		70	70
可分配库存（ATP）	11		56		68		70	70

可承诺库存：
= 70 - 10 - 4 = 11



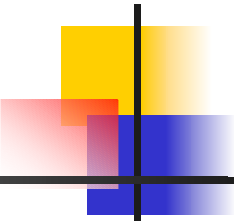
- Time Fences in MPS

Period

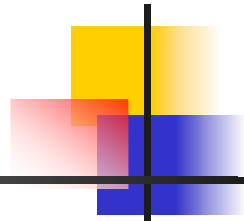
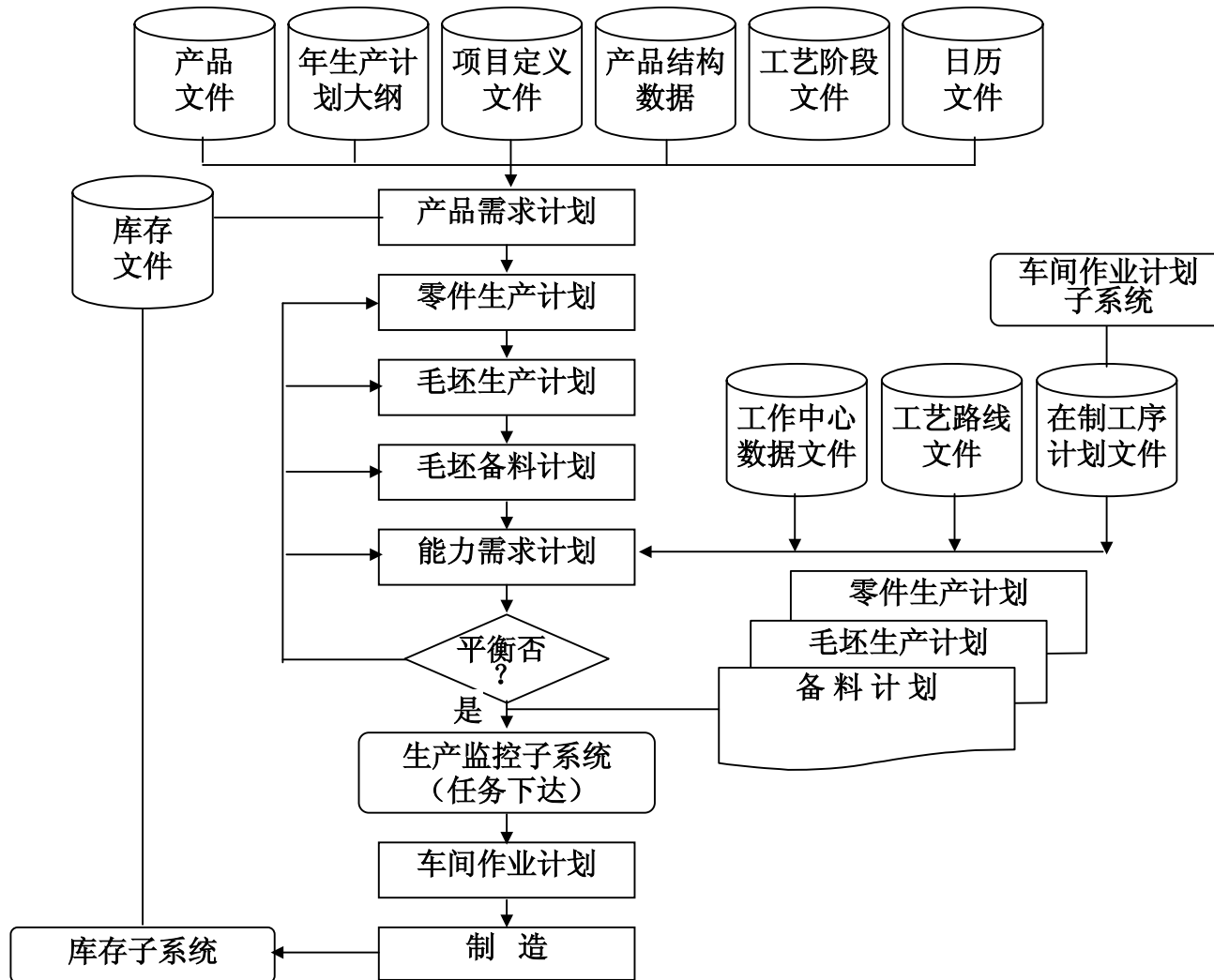


四、作业计划的制定

- 含义：生产日程计划（也称作业计划）是生产计划的具体执行和落实计划。
- 问题：完成生产计划规定的生产任务；符合产品生产的技术经济要求；使各生产单元的负荷均衡、饱满。
- 功能：生产日程计划的主要功能有五项：
 - 任务量的确定（物料需求量计算）；
 - 期量标准（技术经济定额）的确定；
 - 产品的投入、出产时间的计算；
 - 能力需求计算与负荷平衡；
 - 作业排序 Scheduling ；

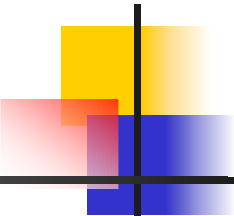


处理流程与功能



任务量的计算

- 任务量的确定是根据生产计划规定的产品产量以及产品结构文件，确定各相关物料的任务量。
- 独立需求：用户（市场）对企业产品的需求。即根据市场的需求直接确定的对本企业产品的需求；
- 相关需求：生产系统内部物料转换过程中，各环节发生的需求为相关需求。即可以根据独立需求推算得出的需求。如：生产产品所需的零件、部件、材料、包装物、附属品、相关产品等。



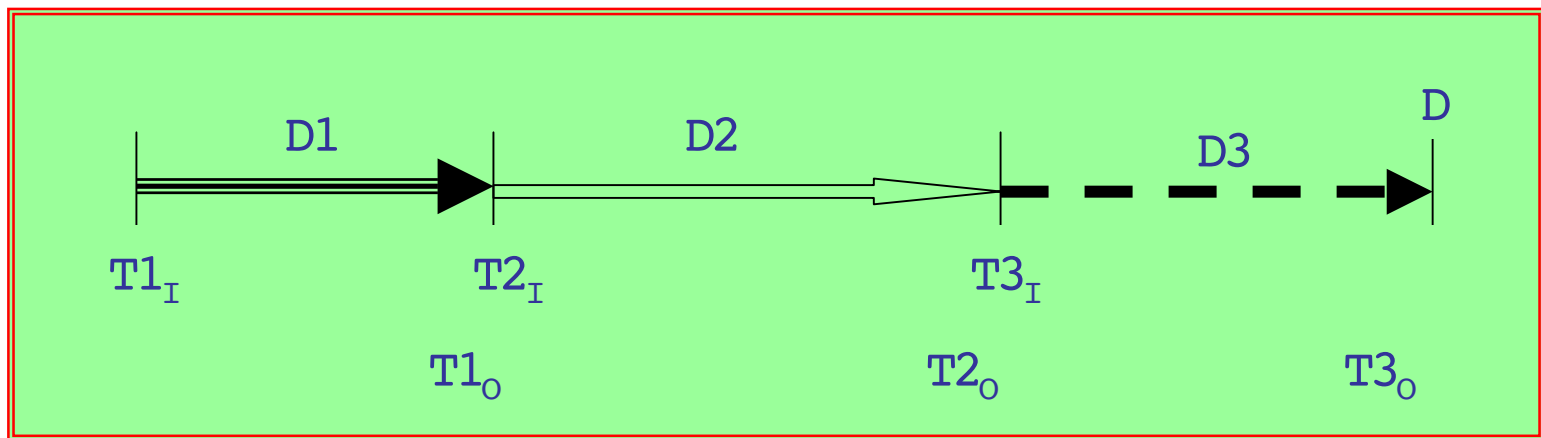
任务时间计算：

计算原理：

交货期 = 生产准备时间 + 制造时间 + 运送时间

$$D = D1 + D2 + D3$$

各阶段的生产时间：



T_{jI} : 阶段的投入时间（开始工作时间）；

T_{jO} : 阶段的出产时间（结束工作时间）。

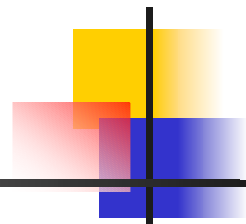


期量标准

- 期量标准是对加工对象在生产过程中的运动，所规定的时间和数量标准。是一种生产计划与控制的标准, 是技术经济定额。

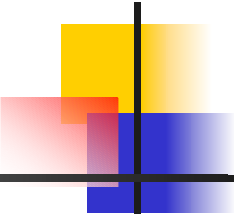
期：指时间，占用时间、投入/出产提前时间；
量：指数量，指加工对象的占用量、投入、出产量。

- 期量标准是控制生产过程中的产品加工进度，产品投入、出产时间，制定在制品占用的标准与作业计划的标准。
- 作业计划是对生产过程运行的计划, 是生产计划的执行性计划, 主要是规定生产进度, 分解任务。期量标准则是作业计划编制的基本依据。生产类型不同，制定期量标准的内容和方法不同。



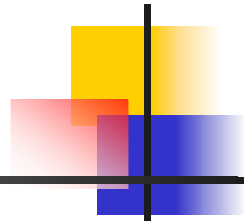
能力需求与负荷平衡

- ❏ 能力需求计划（Capacity Requirement Planning, 简称为CRP）是对各生产阶段、各工作中心（工序）所需的各种资源进行精确计算，得出人力负荷、设备负荷等资源负荷情况，并做好生产能力与生产负荷的平衡工作，制订出能力需求计划。
- ❏ 能力需求计划解决如下问题：
 - ❏ 各个物料经过哪些工作中心加工？
 - ❏ 各工作中心的可用能力是多少，负荷是多少？
 - ❏ 工作中心的各个时段的可用能力与负荷是多少？



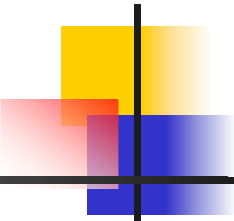
排程 Scheduling

Work Center	Mon.	Tues.	Wed.	Thurs.	Fri.
1	Job 3			Job 4	
2		Job 3	Job 7		
3	Job 1			Job 6	Job 7
4	Job 10				



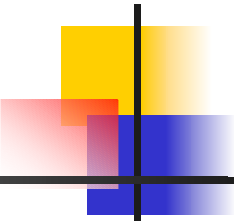
典型的排程与控制功能

- 分配订单、设备和人员；
- 确定订单的顺序（建立订单优先级）；
- 对已排序作业安排生产（调度）；
- 车间作业控制。



工作中心作业排序的目标

- 满足交货日期
- 极小化提前期
- 极小化准备时间和成本
- 极小化在制品库存
- 极大化设备或劳动力的利用（？）



作业排序的优先规则

1. 先来先服务 (FCFS)
2. 最短加工时间 (SOT)
3. 最早交货期最早开工
4. 开始日期 (due date-lead time)
5. 剩余松弛时间 (STR) first

