

生产与运作管理

Production and Operation
Management



全国迷你型MBA职业经理双证班

- 学习方式：**全国招生 函授学习 权威双证 国际互认**
- 认证项目：注册高级职业经理、人力资源总监、营销经理、财务总监、酒店经理、企业培训师、品质经理、生产经理、营销策划师、物流经理、项目经理、广告策划师等高级资格认证。
- 颁发双证：通用高级职业经理资格证书（全国通用钢印证书）+ **MBA**高等教育研修结业证书（随证书附全套学籍档案与高等教育人才推荐函）
- 收费标准：仅收取**1280元** 网址：www.mhjy.net
- 报名电话：**13684609885 0451—88723232** 咨询教师：王海涛老师
- 地址：哈尔滨市道外区南马路**120**号职工大学**109**室美华教育。



国际认证 权威



美华论坛
www.mhjy.net

- 近千本**MBA**职业经理教程免费下载
 - -----请速登陆：www.mhjy.net

全国品质经理MBA双证班

全国生产经理MBA双证班

- 学习方式：全国招生 函授学习 权威双证 国际互认
- 认证项目：品质经理、生产经理MBA高等教育认证班。
- 颁发双证：通用高级职业经理资格证书（全国通用钢印证书）+MBA高等教育研修结业证书
（随证书附全套学籍档案与高等教育人才推荐信）
- 收费标准：仅收取**1280元** 网址：www.mhjy.net
- 报名电话：**13684609885 0451—88723232** 咨询教师:王海涛老师
- 地址：哈尔滨市道外区南马路**120**号职工大学**109**室美华教育。



国际认证 权威认证

- 近千本MBA职业经理教程免费下载
• -----请速登陆：www.mhjy.net



美华论坛
www.mhjy.net

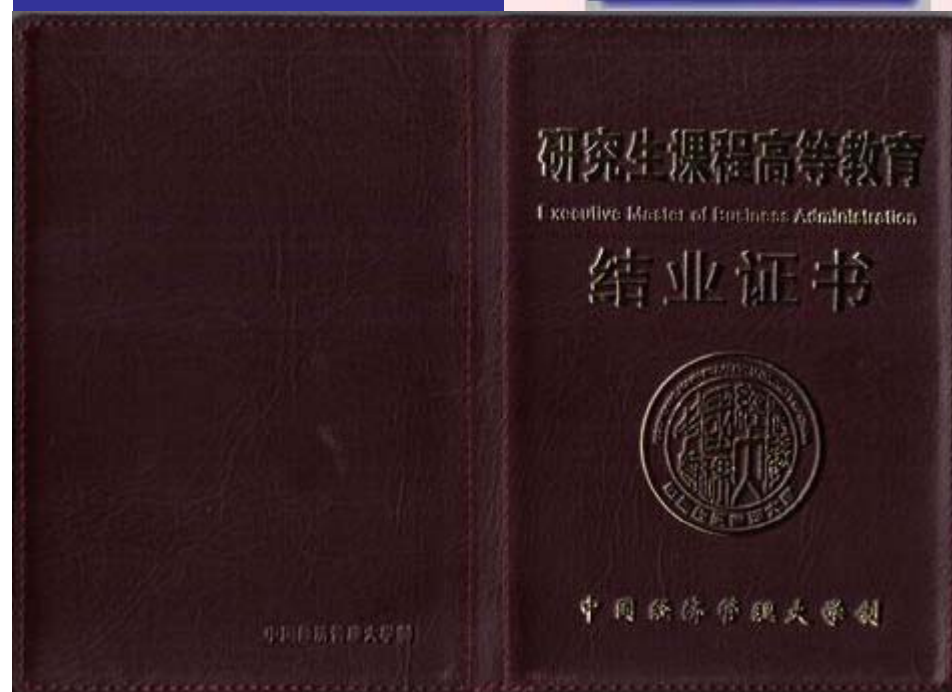
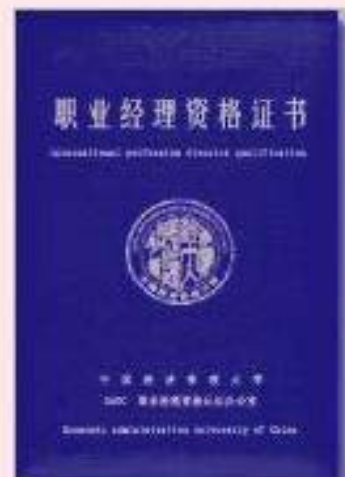
全国职业经理MBA双证班

精品课程 火热招生

函授学习 权威双证 全国招生 请速充电



- 近千本MBA职业经理教程免费下载
- -----请速登陆: www.mh jy.net



美华论坛
www.mhjj.net

绪 论

1、生产运作管理的地位

战略管理-产品研发管理、生产与运作管理、市场营销管理、财务管理、人力资源管理；处于执行性地位-为企业竞争力提供有效支撑；

2、生产与运作管理的重要性

企业生产、发展的基础，是企业竞争力的决定性环节；

3、新环境下的生产与运作管理

全球化竞争环境、复杂、多变和个性化需求环境、科学技术快速发展、Internet网络环境等。

第一章 生产系统及其管理

第一节 生产系统概述

生产系统运行过程由输入、生产过程(转换)、输出、反馈等环节组成。生产系统运作过程既是物料消耗过程，同时也是生产对象的价值增值过程。

随着原材料和各种辅助材料的消耗，逐步改变生产对象的物理性质和化学性质，最终变为产成品。此外，生产过程还产生出边角废料、废气、废渣等副产品，过去这些副产品是用最简单的方式排放到大自然中，随着世界范围内对环保要求越来越高，对这些副产品的处理过程已成为生产系统的重要组成部分。

物质资源
人力
原材料
辅助材料
零配件等
信息
生产计划
技术标准
工艺规程
效益指标

输入

生产过程：
加工制造
按预定技术
要求改变对
象的形状、
尺寸物理性
质和化学性
质的过程

输出

物质资源
产品
劳务
废物
信息
成本
质量
进度
系统状况

反馈



第二节 生产运作管理

生产运作管理是对生产系统的设置、运行和维护过程的管理。

一、生产运作管理的内容

- 1、产品开发管理
- 2、厂房设施和机器系统设置管理
- 3、生产系统运行管理
 - 生产计划
 - 生产组织
 - 生产控制

二、生产运作管理的任务

- 1、保证生产系统正常顺利运行；



- 提高效率，缩短交货期，准时生产和准时交货；
- 降低生产成本，(占用、物耗、工耗与制造成本)；
- 提高生产过程质量水平和质量稳定性；
- 提高生产系统柔性和反应速度(品种和产量的柔性)；

三、生产运作管理的要求

- 按需生产；
- 经济生产；
- 均衡生产；
- 准时生产；
- 文明生产；
- 安全生产。



四、加强生产管理的意义

- 是企业生存和发展的基本要求;
- 是企业市场竞争力的主要来源;
- 企业高层搞好经营决策的基本条件;

第三节 生产运作系统分类

一、按生产过程的连续性质分

1、连续式生产运作系统（流程式）

连续式生产是指物料按一定的工艺顺序、连续地通过生产过程各环节，在运动中不断地改变其形态和性能，最后转化成产成品的方式(化工、石油、冶金、食品、造纸等)。

2、离散式生产运作系统(加工装配式)

物料分别在不同时间和地点生产出零部件，再按一定的要求集合装配成产成品的生产运作方式(如电子、轻工、机械等产品)。

二、按与市场需求的关系：

1、生产-储存式运作系统(MTS)

预测需求→确定计划→组织生产→成品入库→销售
储存式生产运作模式可以较好地满足随机小批量需求；同时企业生产运作系统运行均衡，质量稳定、人力、设备等自然可以得到较充分的运用。但运作过程的产成品占用的流动资金大，具有一定的市场风险，对需求变化的适应性较差。一般用于通用产品生产。

2、订单-生产式运作系统(MTO)

客户订货→确定计划→组织生产→交货

订单式生产可以大幅度地减少产成品库存量，降低流动资金占用额，避免市场风险。但这种方式对生产运作系统的管理水平要求高，需求随机波动对运作过程影响大，生产计划、人力资源、设备利用、质量保证等工作难度大，要求生产运作系统具有良好的适应性。

3、生产-储存-装配式(ATO-ASSEMBLE TO ORDER)

总量需求预测→零部件生产计划→零部件库存→客户订货→装配计划→产品组装→产品交货

按ATS方式运作的前提条件是产品个性化，零部件通用化，储存一定数量的通用零部件，满足不同客户的订货要求。这种运作模式具有前面两种模式的优点。

第四节 运作系统的环境与运作方式的发展

一、环境的变化

1、科技高速发展促使产品更新换代速度加快

一个新产品的构思、设计、试制、商业性投产，19世纪约需70年时间，20世纪二次大战期间缩短为约40年，60年代中期缩短为20年，70年代后期缩短为5-10年。

现在只需3年甚至更短时间。在美国的食品中，70 %是近10年开发出来的新产品，医药50%是近5年研制出来的。家用计算机，几乎每两年就有一次重要的技术突破。技术环境的变化，对生产运作系统提出了更高的要求。生产系统的适应性、创新性，快速反应能力，成了企业生存和发展的关键。

2、用户需求趋向个性化、多样化

随着科技进步、人们生活水平的提高，用户的价值观念变化很快，从量的消费逐步提高到质的消费，追求产品的质量、性能要求变得越来越高，要求产品具有个性和特色。对新奇产品的占有欲与日俱增，导致消

费者的需求向多样化发展，产品寿命周期缩短。客户开始采取多品种、小批量、多批次的订货方式。

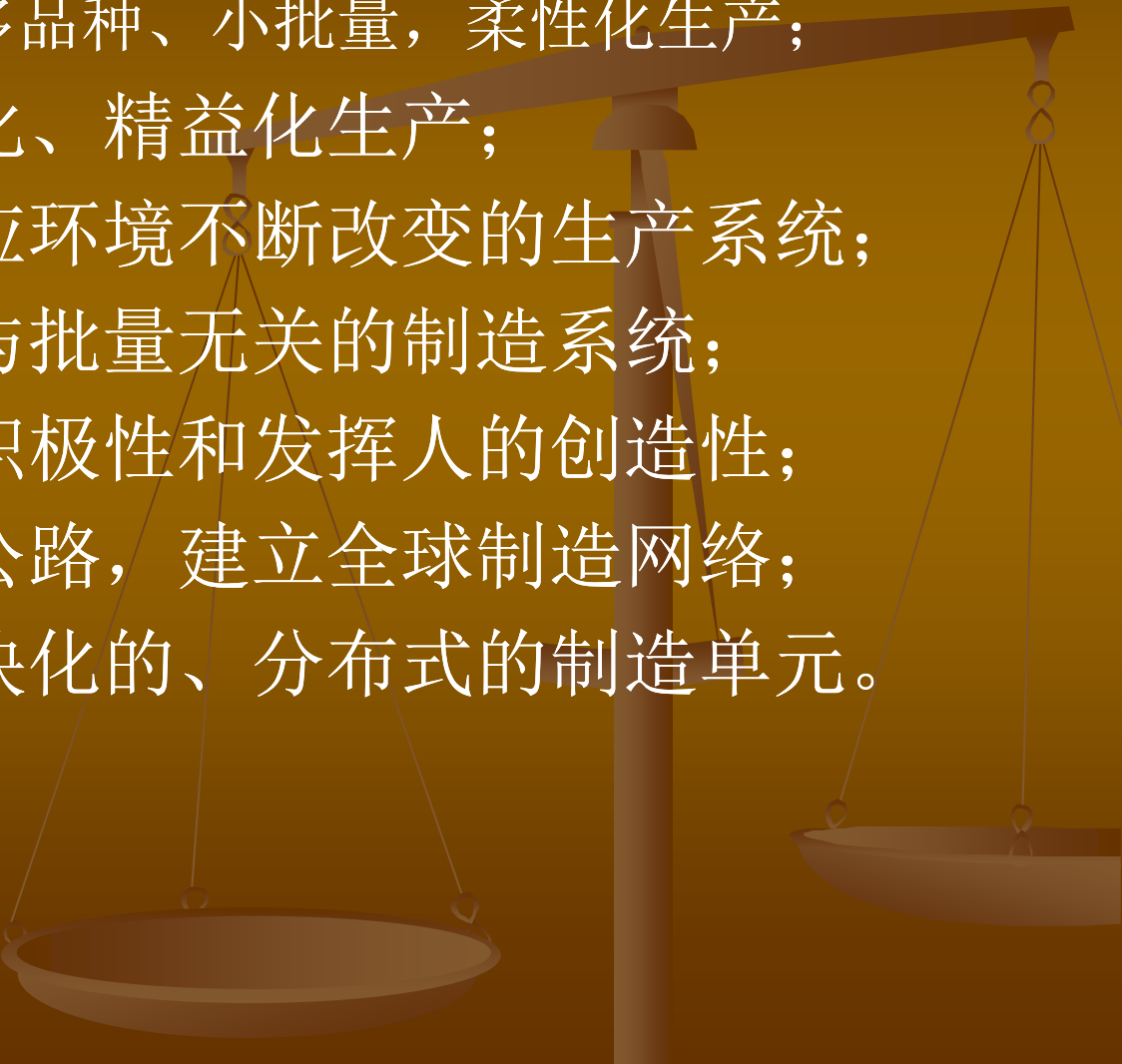
3、竞争日益激烈

随着世界市场一体化进程的加快，国内企业、特别是中小型企业面临的竞争压力日益加大。为了生存和发展，企业生产运作系统必须满足高质量、高效率、低成本、高柔性、短且准时的交货期要求。

4、全球化供应链运作模式快速发展

全球供应链运营理念和模式，使企业间的竞争变为供应链之间的竞争，强调企业间的核心竞争力和供应链的整体竞争力。

二、生产运作方式的发展

- 1、从作坊式生产到大批量标准化生产；
 - 2、从大批量生产到多品种、小批量，柔性化生产；
 - 3、准时化、敏捷化、精益化生产；
 - ① 可重构的，适应环境不断改变的生产系统；
 - ② 以信息为主和与批量无关的制造系统；
 - ③ 充分调动人的积极性和发挥人的创造性；
 - ④ 利用信息高速公路，建立全球制造网络；
 - ⑤ 独立自主、模块化的、分布式的制造单元。
- 

三、美国企业制造战略的变化

90 年代：市场响应速度

80 年代：产品质量

70 年代：生产成本

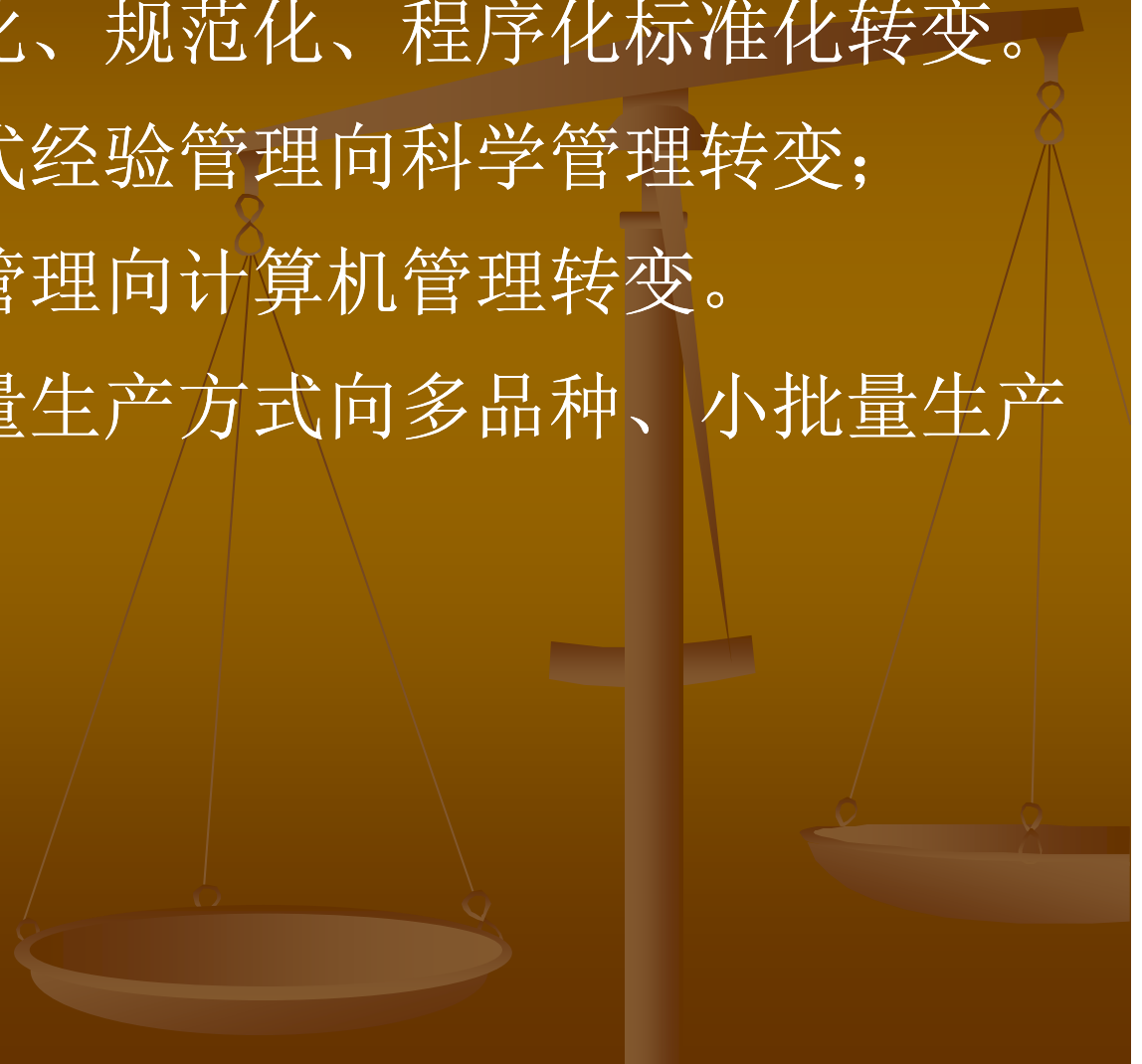
50 -60 年代：生产规模

美国制造战略的变化过程



四、我国传统生产管理模式的转变

- ① 以产品为中心转变为以零部件为中心组织生产。
- ② 管理工作向制度化、规范化、程序化标准化转变。
- ③ 管理方式由家族式经验管理向科学管理转变；
- ④ 管理手段由手工管理向计算机管理转变。
- ⑤ 从少品种、大批量生产方式向多品种、小批量生产方式转变。



第二章 生产过程组织

第一节 生产过程的基本概念

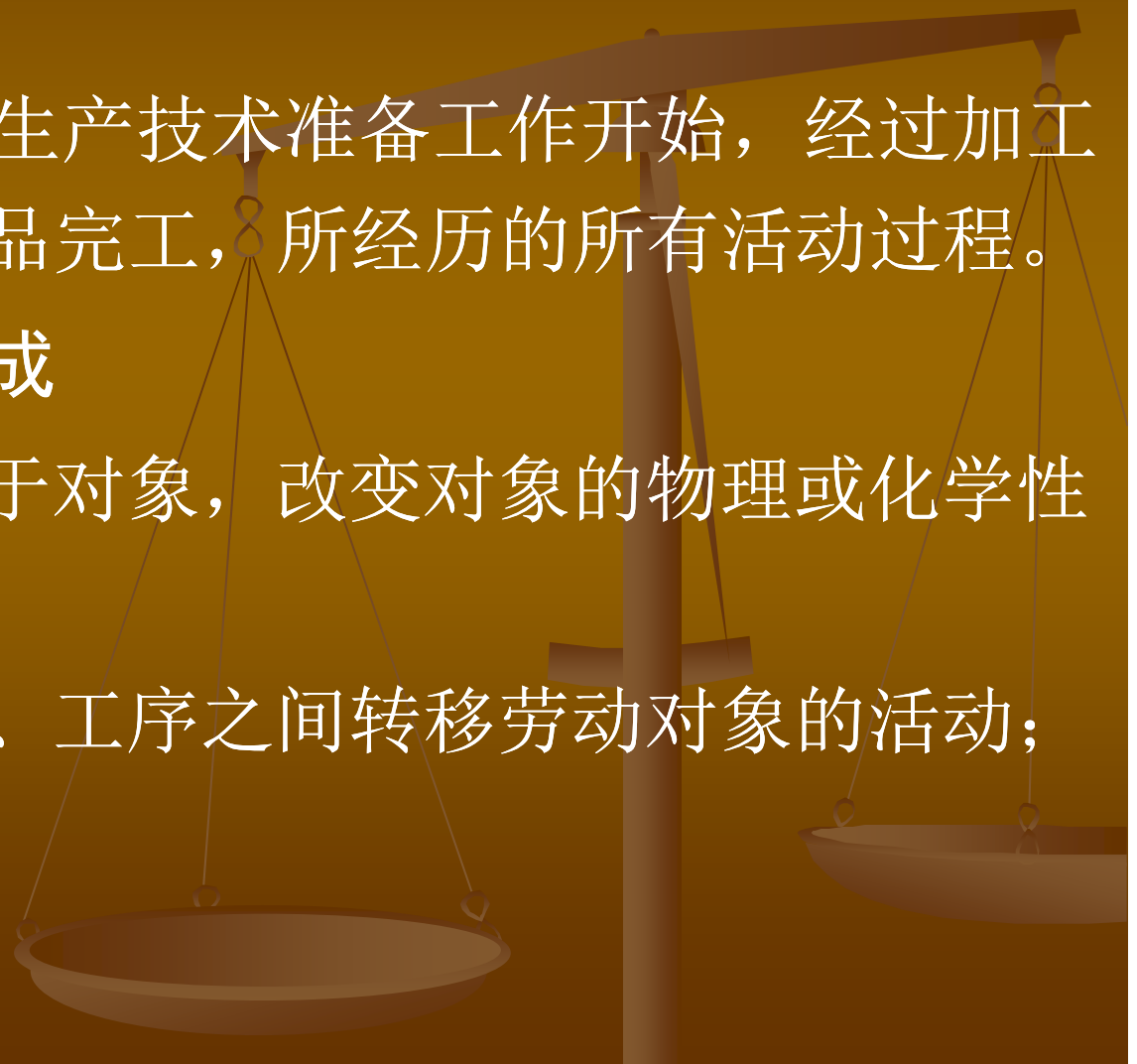
一、生产过程的定义

生产过程是指产品从生产技术准备工作开始，经过加工制造过程，直至产成品完工，所经历的所有活动过程。

二、产品生产过程的组成

工艺过程：直接作用于对象，改变对象的物理或化学性质的加工制造活动；

运输过程：车间之间、工序之间转移劳动对象的活动；



检验过程： 穿插于生产过程各环节的质量检验活动；

储存等待过程： 由于生产过程各环节在时间和空间上的差异性，而必须的储存等待过程；

以上过程中，只有工艺过程增加对象的价值，而其余组成部分增加对象的成本而不增加对象的价值。

按过程是否需人力参与可分为：

- **劳动过程：** 过程需人员参与，有工人手工完成、有工人使用劳动工具作用于劳动对象，完成加工的过程；
- **自然过程：** 不需人员参与，借助自然力作用于劳动对象，完成加工内容的过程。

二、企业生产过程组成

为完成企业各种产品的生产，而从事的各种直接或间接生产活动过程。

- **技术准备过程：**正式生产前的一系列技术和组织准备工作；
- **基本生产过程：**对加工对象的直接加工制造过程；
- **辅助生产过程：**为保证基本生产的正常进行而必须进行的辅助产品或服务的生产过程；
- **生产服务过程：**为保证企业基本和辅助生产的进行而从事的生产服务性工作，包括：原材料、辅助材料、零配件等物料的保管、运输、发放等工作；
- **附属生产过程：**为进行边角废料的利用、剩余资源用，而在基本产品的基础上，组织的附属性产品的生产过程。也包括：废水、废气、废渣的处理过程。

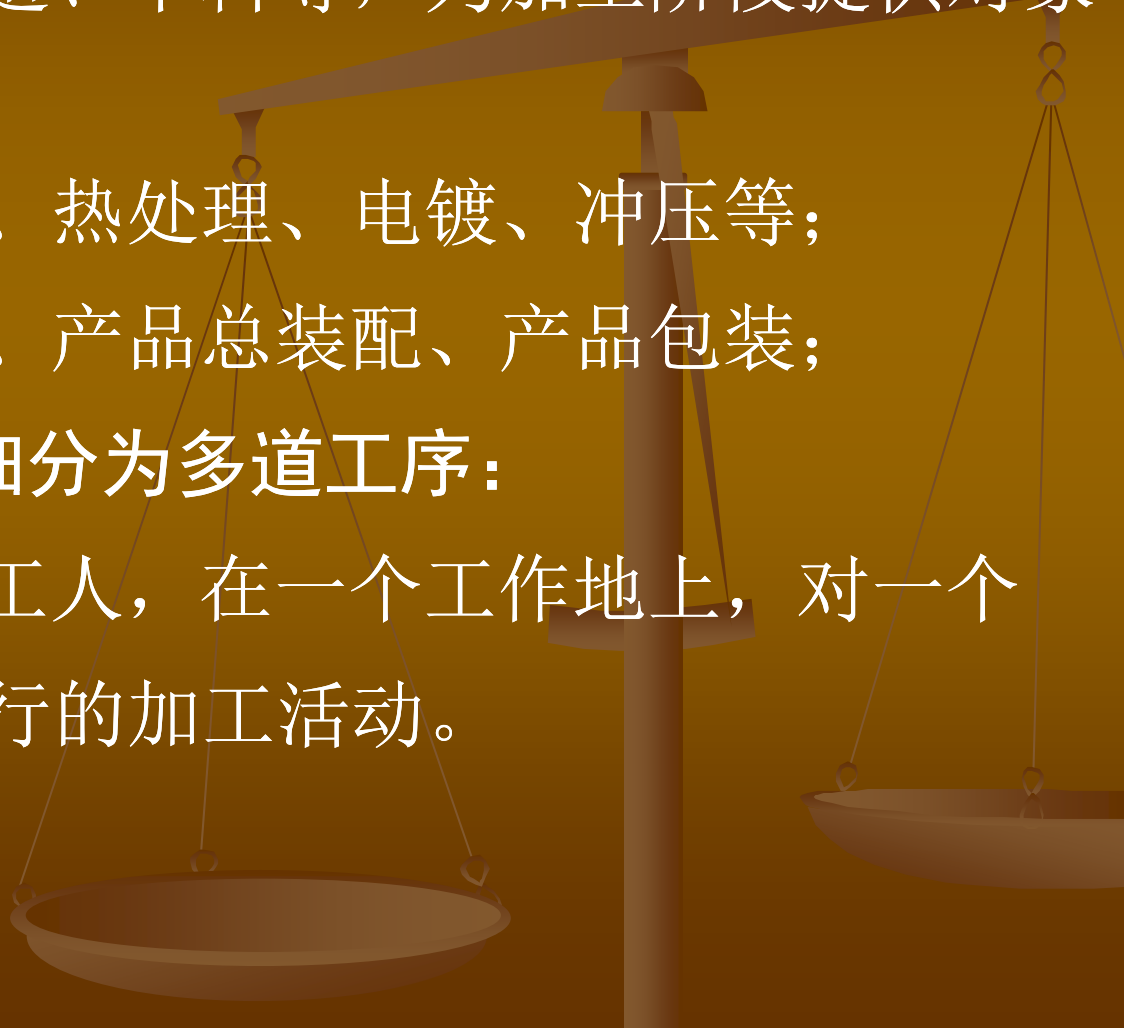
三、基本生产过程的组成：

基本生产过程可划分为多个相互衔接的工艺阶段：

- 准备阶段：铸造、锻造、下料等，为加工阶段提供对象毛坯的阶段；
- 加工阶段：机械加工、热处理、电镀、冲压等；
- 装配阶段：部件装配、产品总装配、产品包装；

各工艺阶段可进一步细分为多道工序：

- 工序是指一个或一组工人，在一个工作地上，对一个或同时多个对象连续进行的加工活动。



- 工作地是工人进行劳动的场所，由一定的场地、设备、辅助设施所构成。

根据比例性和连续性要求，工序在一定的条件下可以自由组合。

四、合理组织生产过程的要求

- ①连续性；②比例性；③平行性；④节奏性；⑤适应性；



第三节 生产类型

一、生产类型的概念

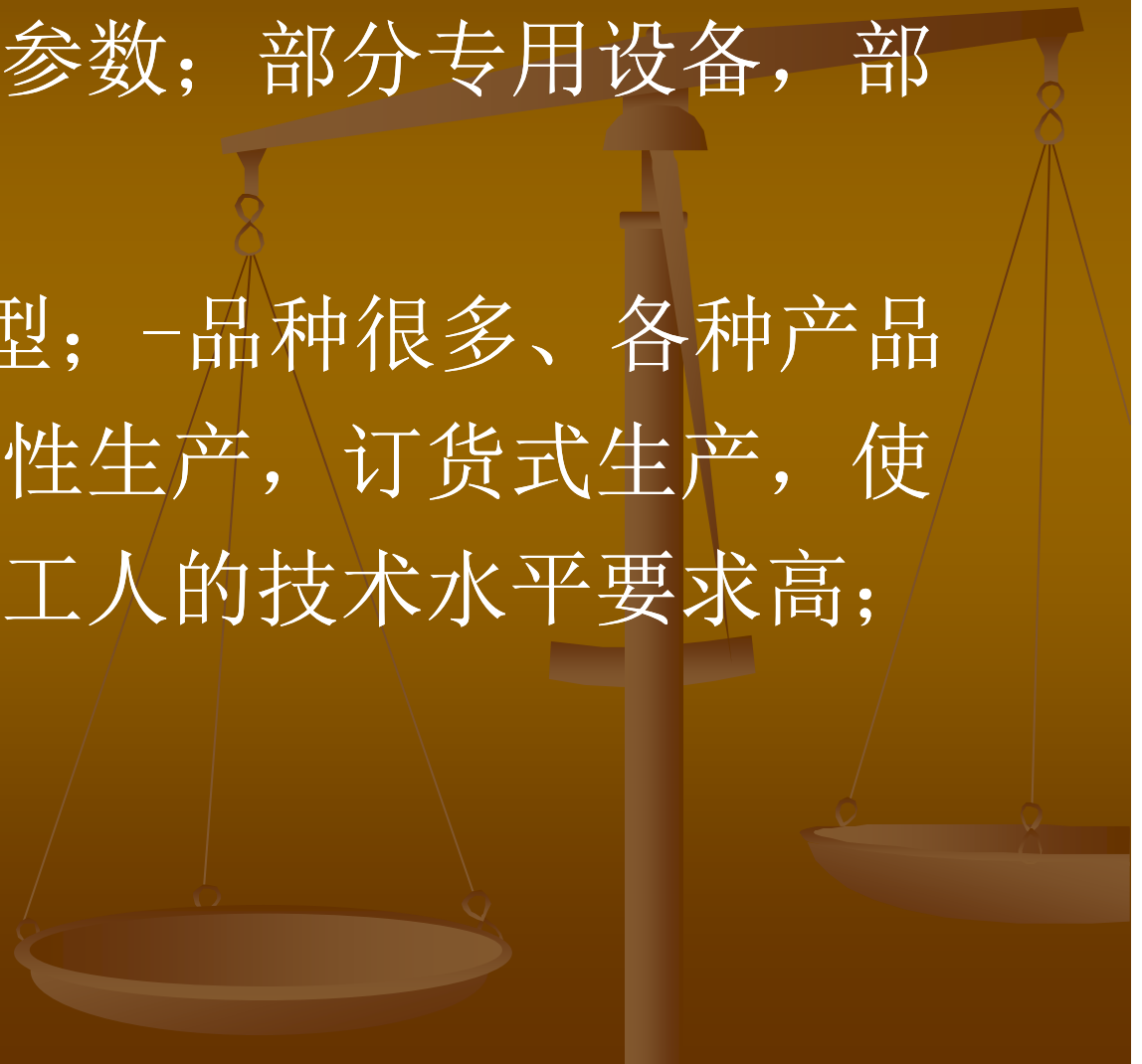
生产类型就是根据一定的标志对企业及其生产环节的分类。从生产运作系统管理考虑，划分生产类型的基本标志是“工作地的专业化程度”。

二、生产类型及其特点

1、大量生产类型；-产量大、品种少、设备专用、工作地专业化程度高；实行流水生产；

2、成批生产类型；-品种较多，每种产品有一定产量、各种产品实行成批轮番生产；批量是个重要的参数；部分专用设备，部分通用设备；

3、单件生产类型；-品种很多、各种产品产量很少，一次性生产，订货式生产，使用通用设备，对工人的技术水平要求高；



三、生产类型的划分方法

1、工序数目法：根据工作地上所承担的工序数目的数量来划分其生产类型的方法。

1-2 大量； 2-10 大批； 10-20 中批；
20-40 小批； 40 以上 单件。

2、大量系数法： $k = t/r$ ，根据大量系数值来确定工作地生产类型。

$K > 0.5$ 大量； 0.5-0.1 大批； 0.1-0.05 中批；

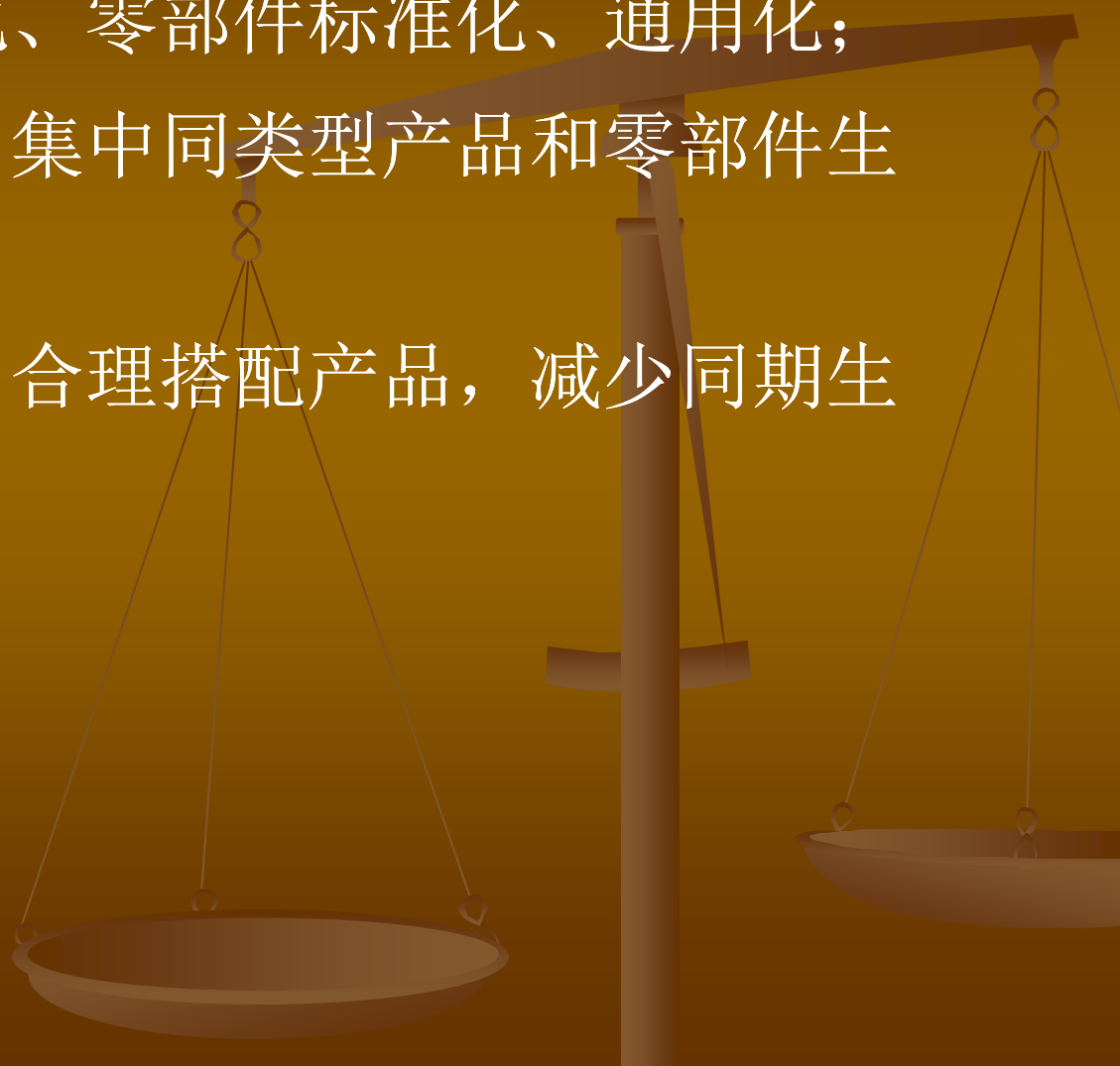
0.05-0.025 小批； 小于0.025 单件。

■ 车间与企业生产类型的确认

根据工作地生产类型按比重法，从下至上确定。

四、改善生产类型的途径

- 1、大力发展专业化协作生产；
- 2、强化产品系列化、零部件标准化、通用化；
- 3、采用成组工艺，集中同类型产品和零部件生产；
- 4、优化生产计划，合理搭配产品，减少同期生产的产品品种数。



第三章 生产过程时间组织

生产过程时间组织的目标：减少时间损失，缩短生产周期，提高生产效率，降低在制品占用量，提高生产效益。

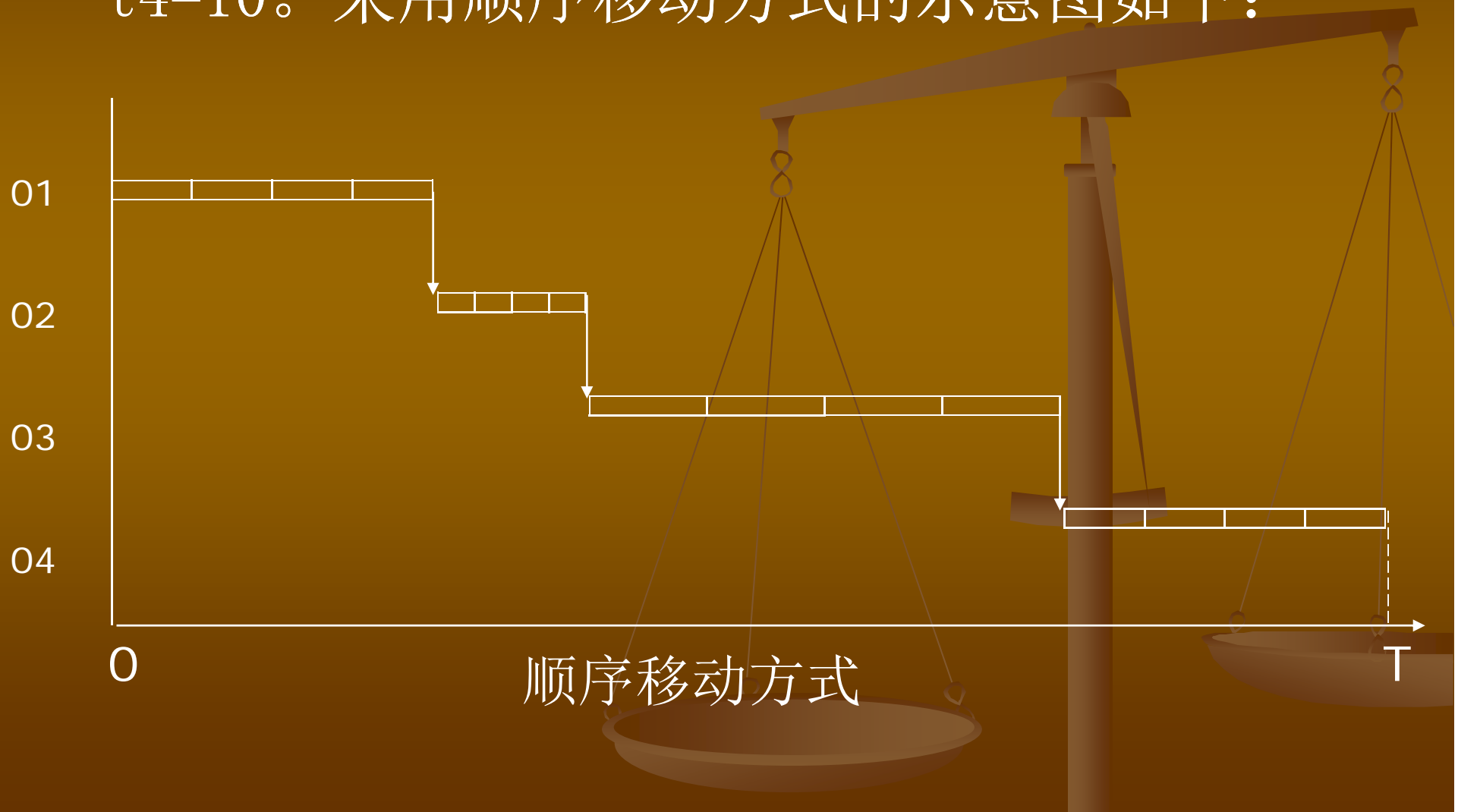
第一节 生产过程在制品移动方式

制品经过生产过程可采用不同的转移方式，而不同移动方式在不同生产条件下的效果是不同的，常用的制品移动方式有如下几种：

一、顺序移动方式

一批制品在上道工序全部完工后，整批地转运到下道工序接着加工。

- 例：一批制品，批量为4件，须经四道工序加工，各工序时间分别为： $t_1=10$ ， $t_2=5$ ， $t_3=15$ ， $t_4=10$ 。采用顺序移动方式的示意图如下：



顺序移动方式下的加工周期计算

$$T = nt_1 + nt_2 + nt_3 + nt_4 = n \sum_{i=1}^4 t_i$$

代入例中数字：

$$T = 4 \times (10 + 5 + 15 + 10) = 160 (\text{分钟})$$

一般式： $T = n \sum_{i=1}^m t_i$

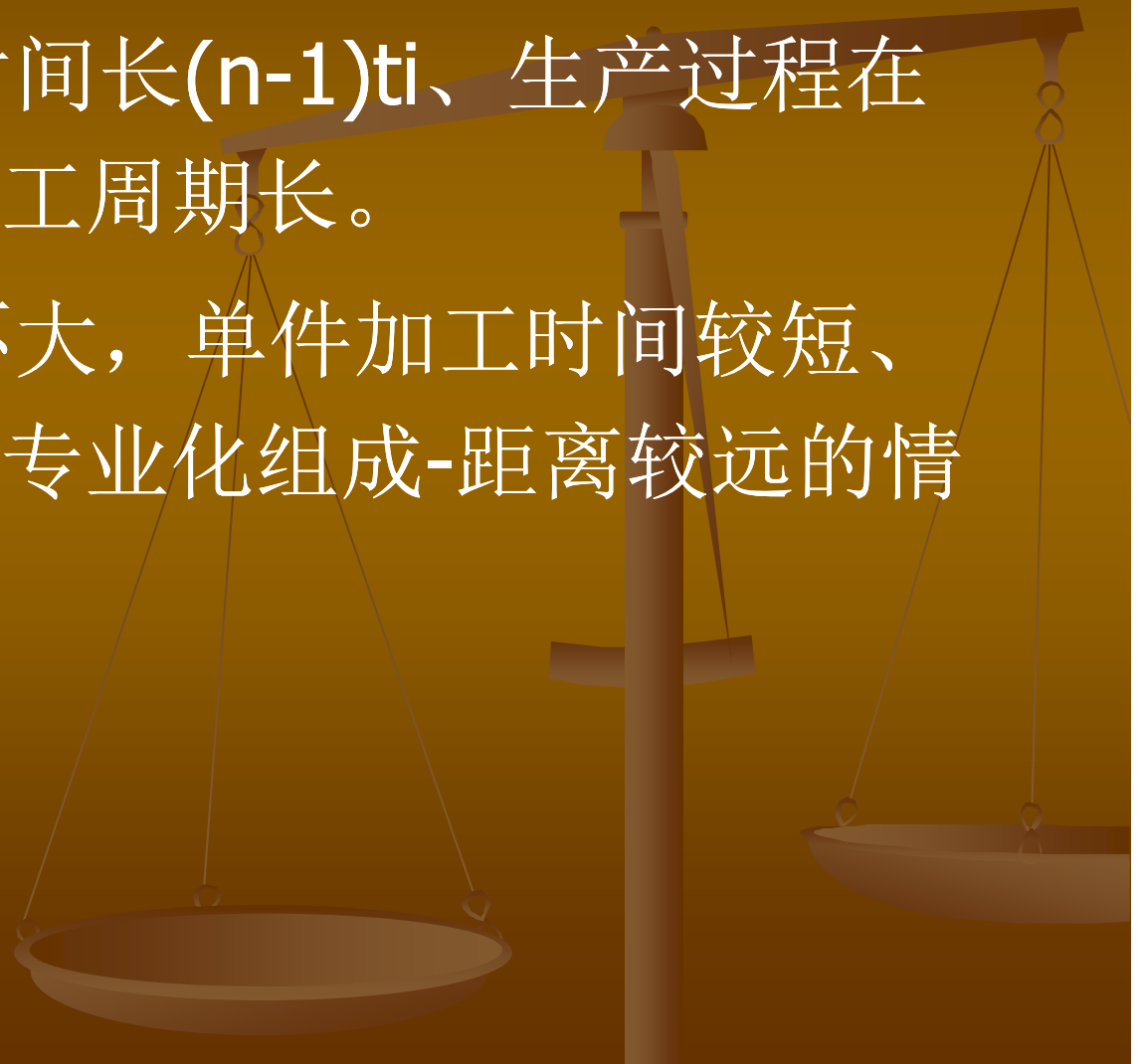
其中： n = 批量； m = 工序数。

顺序移动方式的优缺点及适用条件：

优点：运输次数少、设备加工过程连续；

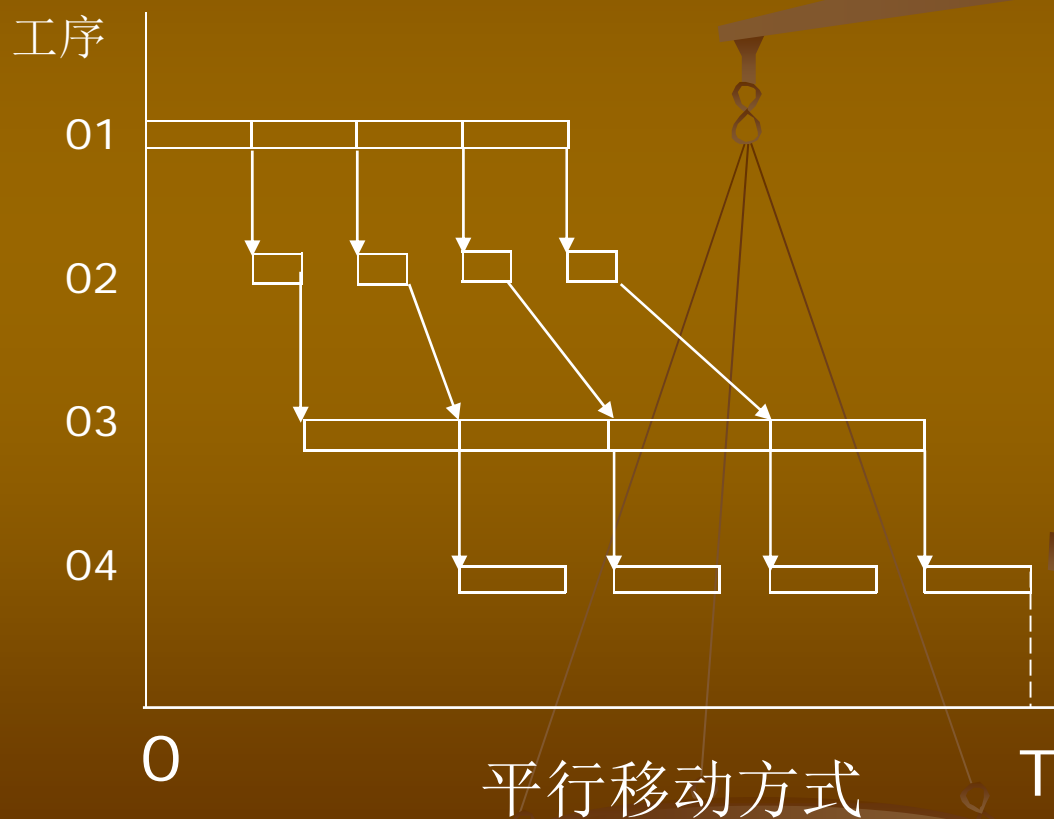
缺点：零件等待时间长 $(n-1)t_i$ 、生产过程在制品占用多，加工周期长。

适用条件：批量不大，单件加工时间较短、生产单位按工艺专业化组成-距离较远的情况下。



二、平行移动方式

一批制品的每一件在上道工序完工后，立即运往下道工序接着加工(逐件转移)。



平行移动方式下的加工周期计算：

$$T = t_1 + t_2 + nt_3 + t_4 = \sum_{i=1}^4 t_i + (n-1)t_3$$

代入例中数字：

$$T = (10 + 5 + 15 + 10) + 3 \times 15 = 85(\text{分钟})$$

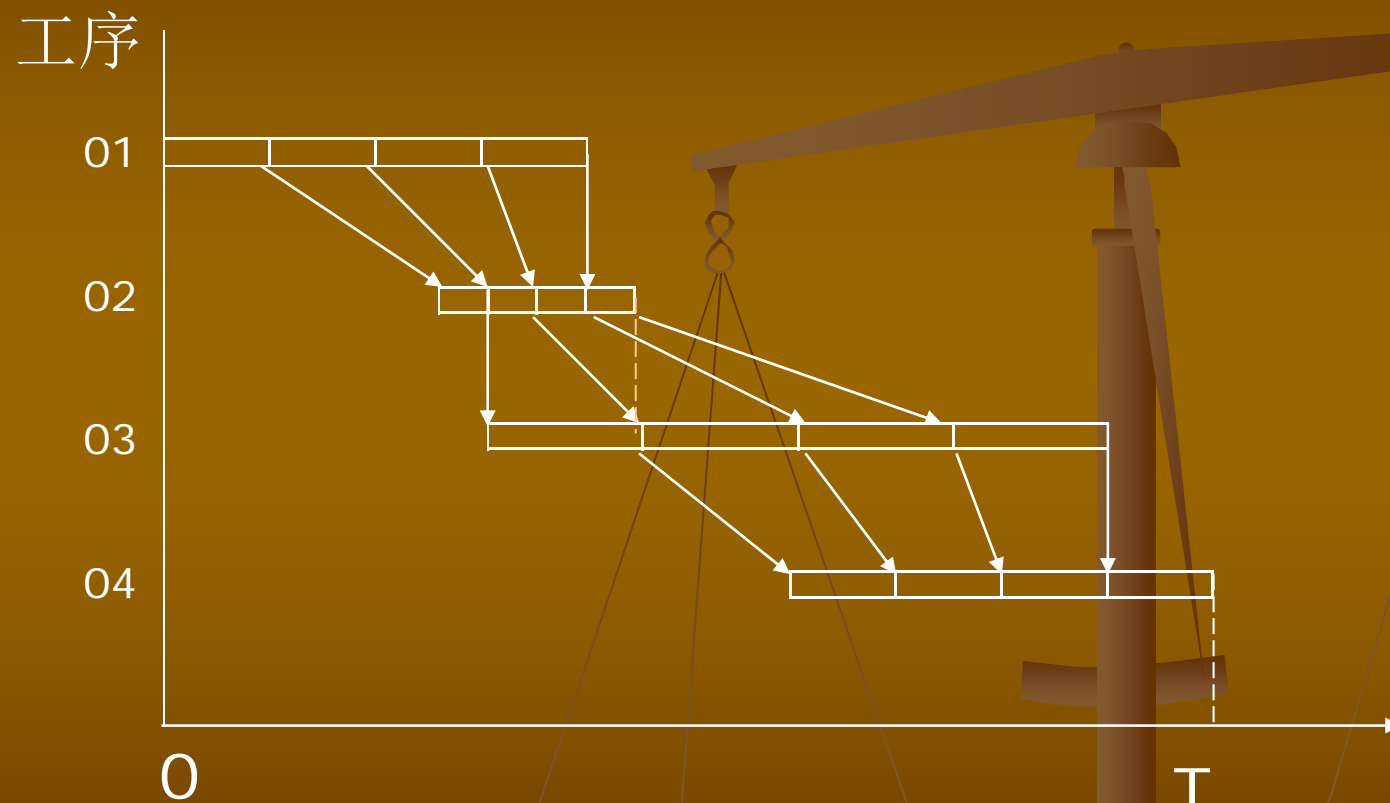
一般式： $T = \sum_{i=1}^m t_i + (n-1)t_{\text{长}}$

$t_{\text{长}}$ ：所有工序中，单件时间最长者。

优点：加工周期短，在制品占用量少；

缺点：运输次数多，当前后工序时间不相等时，存在设备中断和制品等待的情况。

三、平行-顺序移动方式



平行-顺序移动方式下的加工周期：

$$T = nt_1 + t_2 + nt_3 - (n-1)t_2 + t_4$$

$$= nt_1 + nt_2 - (n-1)t_2 + nt_3 - (n-1)t_2 + nt_4 - (n-1)t_4$$

$$= n \sum_{i=1}^4 t_i - (n-1) \sum_{i=1}^{4-1} t_{\text{较短}i}$$

$$\text{一般式： } T = n \sum_{i=1}^m t_i - (n-1) \sum_{i=1}^{m-1} t_{\text{较短}i}$$

$t_{\text{较短}i}$ = 前后工序两两对比，较短的单件时间。

代入例中数字：

$$T = 160 - 3 \times (5 + 5 + 10) = 100(\text{分钟})$$

第二节 生产过程任务排序

一、流水型排序问题

n 项任务，等待多台串联设备组成的生产线加工，各项任务的工艺顺序相同。

1、 n 项任务，单台设备(一个单位)的排序。例：8项任务、单台设备，资料如下：

任 务	j_1	j_2	j_3	j_4	j_5	j_6	j_7	j_8
加工时间 t_j	8	3	6	12	7	5	3	2
交货期 d_j	19	12	9	33	48	40	37	23

1)、最小加工时间规则 (SPT)

按各任务加工时间的大小，从小到大排序。

本规则可得到最小平均流程时间，最小平均在制品占用量。但可能出现延期交货。

任 务	j_8	j_2	j_7	j_6	j_3	j_5	j_1	j_4
加工时间 t_j	2	3	3	5	6	7	8	12
交货期 d_j	23	12	37	40	9	48	19	34
流程时间 F_j	2	5	8	13	19	26	34	46
延期量 D_j	0	0	0	0	10	0	15	13

平均流程时间:

$$\bar{F} = \frac{2 + 5 + 8 + 13 + 19 + 26 + 34 + 46}{8} = 19.1$$

$$\bar{D} = \frac{10 + 15 + 13}{8} = 4.75; \quad \max\{D_i\} = 15$$



2) EDD规则 最早交货期规则

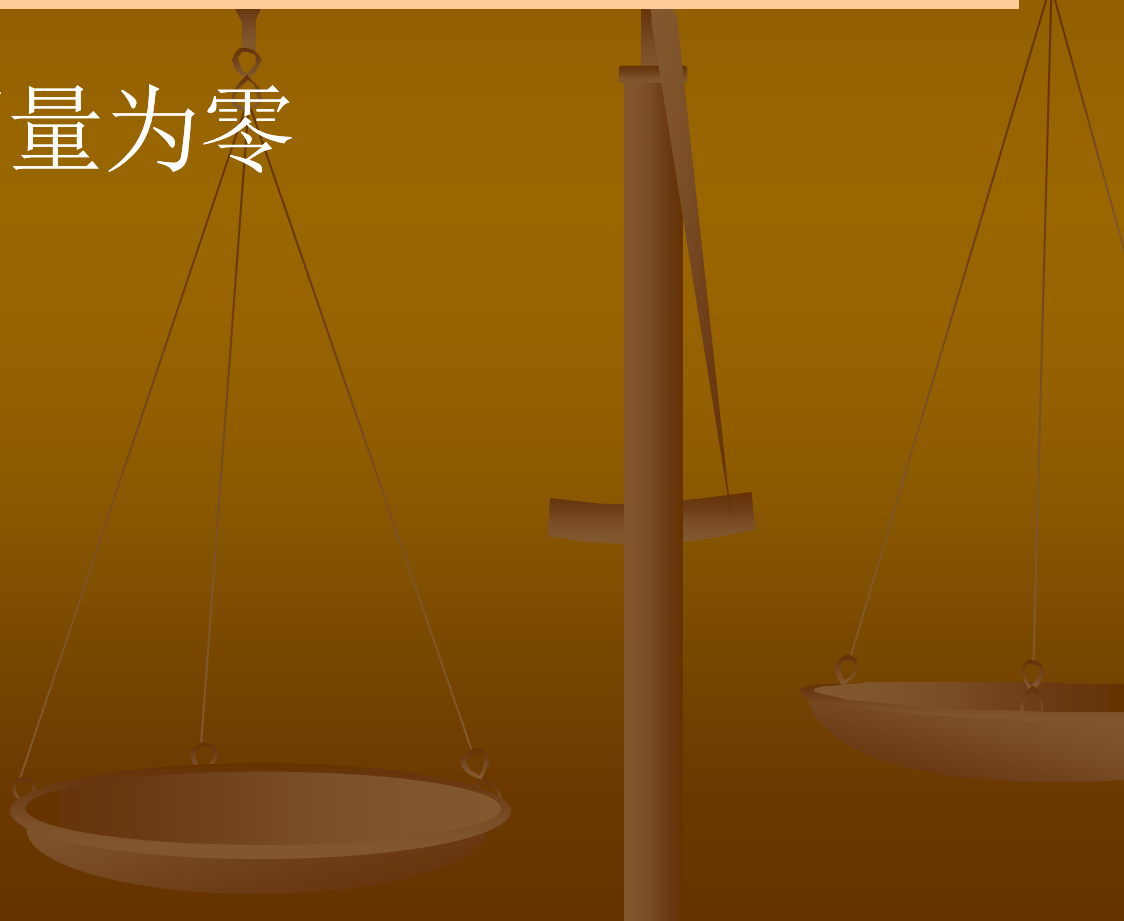
- 按任务规定的交货期先后，从小到大排序。
- 可使交货延期量最小化，但平均流程时间相对较大，平均在制品数较大。

任 务	j_3	j_2	j_1	j_8	j_4	j_7	j_6	j_5
加工时间 t_j	6	3	8	2	12	3	5	7
交货期 d_j	9	12	19	23	34	37	40	48
流程时间 F_j	6	9	17	19	31	34	39	46
延期量 D_j	0	0	0	0	0	0	0	0

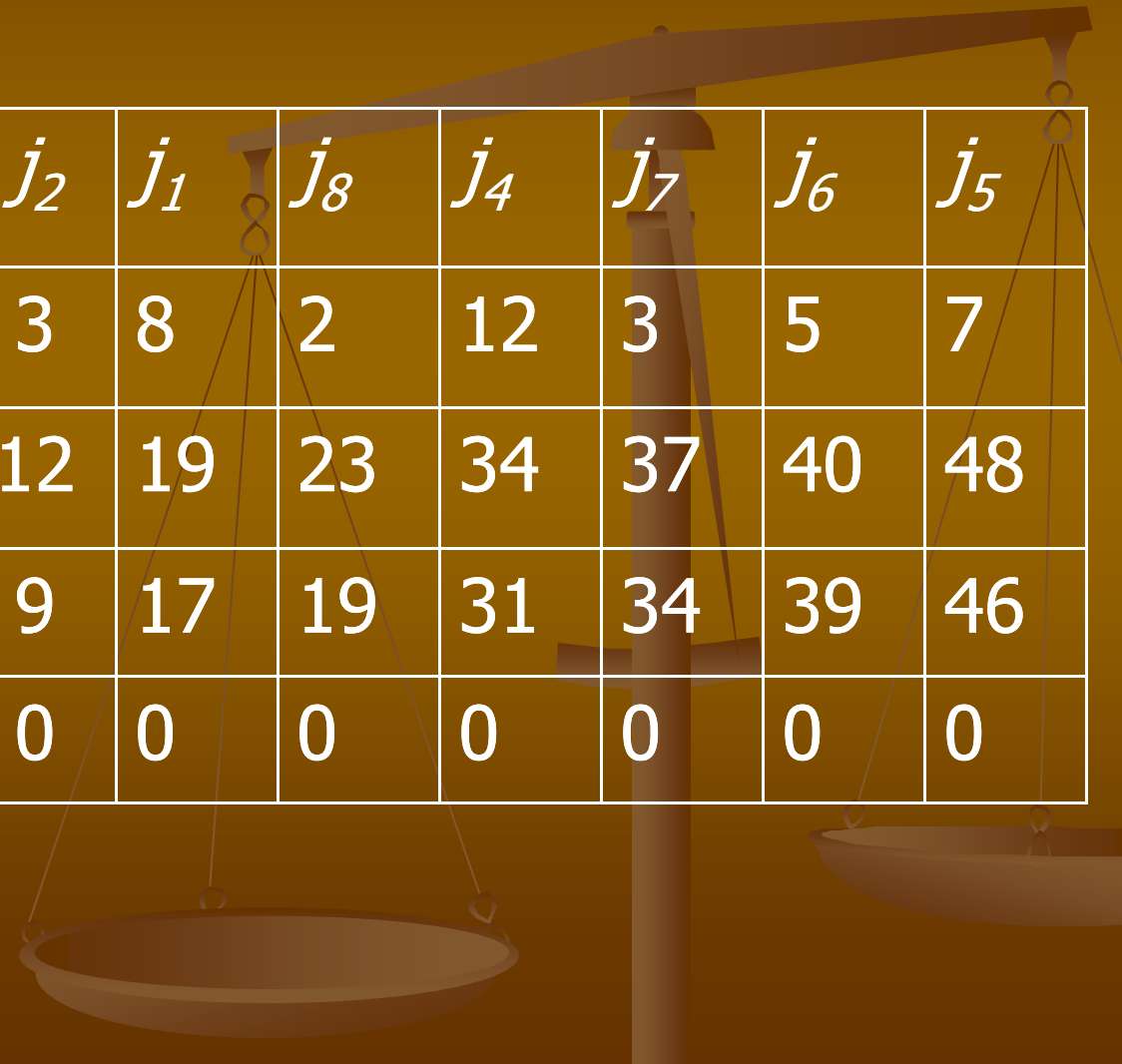
■ 平均流程时间

$$\bar{F} = \frac{6 + 9 + 17 + 19 + 31 + 34 + 39 + 46}{8} = 25.13$$

■ 最大交货延期量为零



- 3)、EDD-SPT综合规则:
- 按EDD规则排序所的方案的基础上, 按SPT规则对其调整。



任 务	j_3	j_2	j_1	j_8	j_4	j_7	j_6	j_5
加工时间 t_j	6	3	8	2	12	3	5	7
交货期 d_j	9	12	19	23	34	37	40	48
流程时间 F_j	6	9	17	19	31	34	39	46
延期量 D_j	0	0	0	0	0	0	0	0

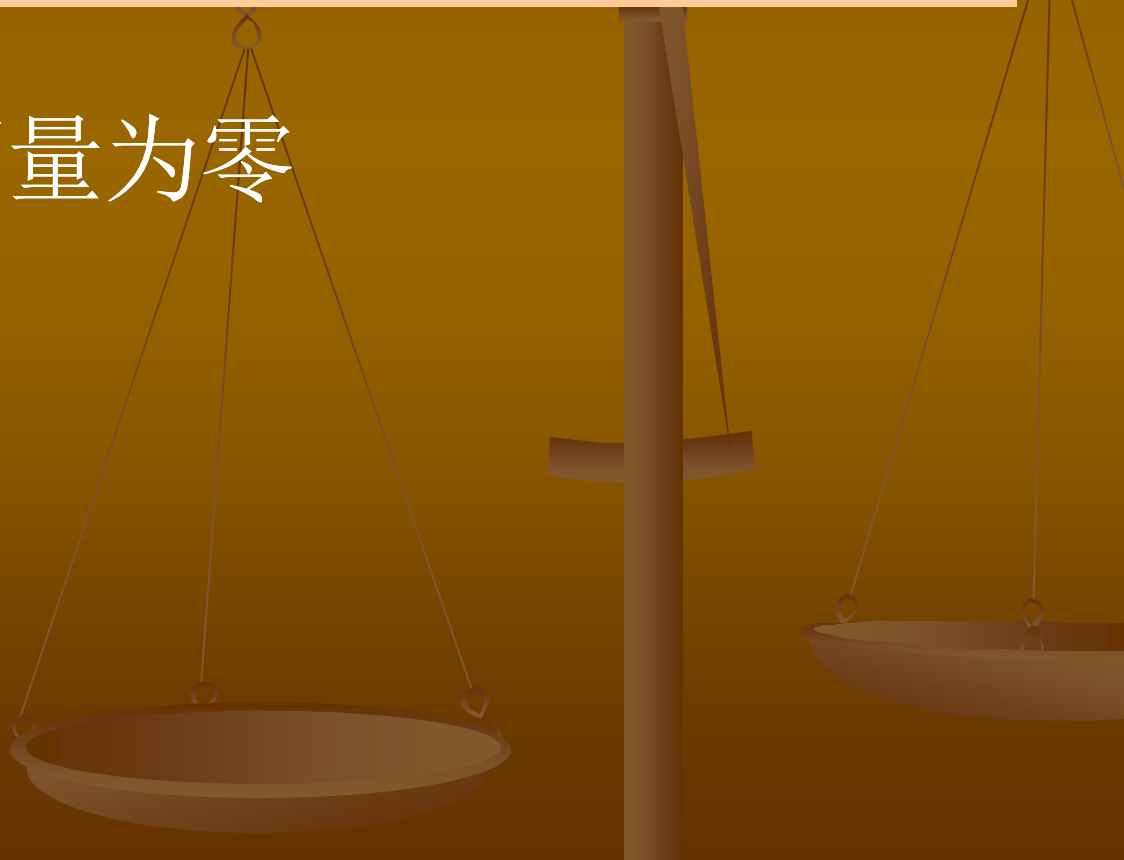
- 1、找出最大流程时间 $\max F_i$
- 2、找出满足条件： $d_j \geq \max F_i$ 的任务，当满足条件的任务只有一项时，该任务不调整，当满足条件的任务有多项时，对这些任务按SPT规则调整。
- 去掉已调整的任务，对剩余任务反复用第二步直至所有任务调整完

任 务	j_2	j_3	j_8	j_1	j_7	j_4	j_6	j_5
加工时间 t_j	3	6	2	8	3	12	5	7
交货期 d_j	12	9	23	19	37	33	40	48
流程时间 F_i	3	9	11	19	22	34	39	46
延期量 D_j	0	0	0	0	0	0	0	0

■ 平均流程时间

$$\bar{F} = \frac{3+9+11+19+22+34+39+46}{8} = 22.87$$

■ 最大交货延期量为零



2、N项任务、两台设备的排序

N项任务，均按 $Ma-Mb$ 的工艺顺序加工，要求最大流程时间最小化的最优排序方案。

任 务	j_1	j_2	j_3	j_4	j_5	j_6	j_7	j_8
$Ma \quad t_{aj}$	8	3	6	12	7	5	3	2
$Mb \quad t_{bj}$	9	2	5	3	4	10	7	11

用约翰孙-贝尔曼规则求解

- 1、找出最小加工时间，如果该时间在第一台设备行，则对应的任务最先加工，若在第二台设备行，则对应的任务排在最后加工；
- 2、去掉已排序任务，对剩下的任务反复应用第1步，直至所有任务排完。

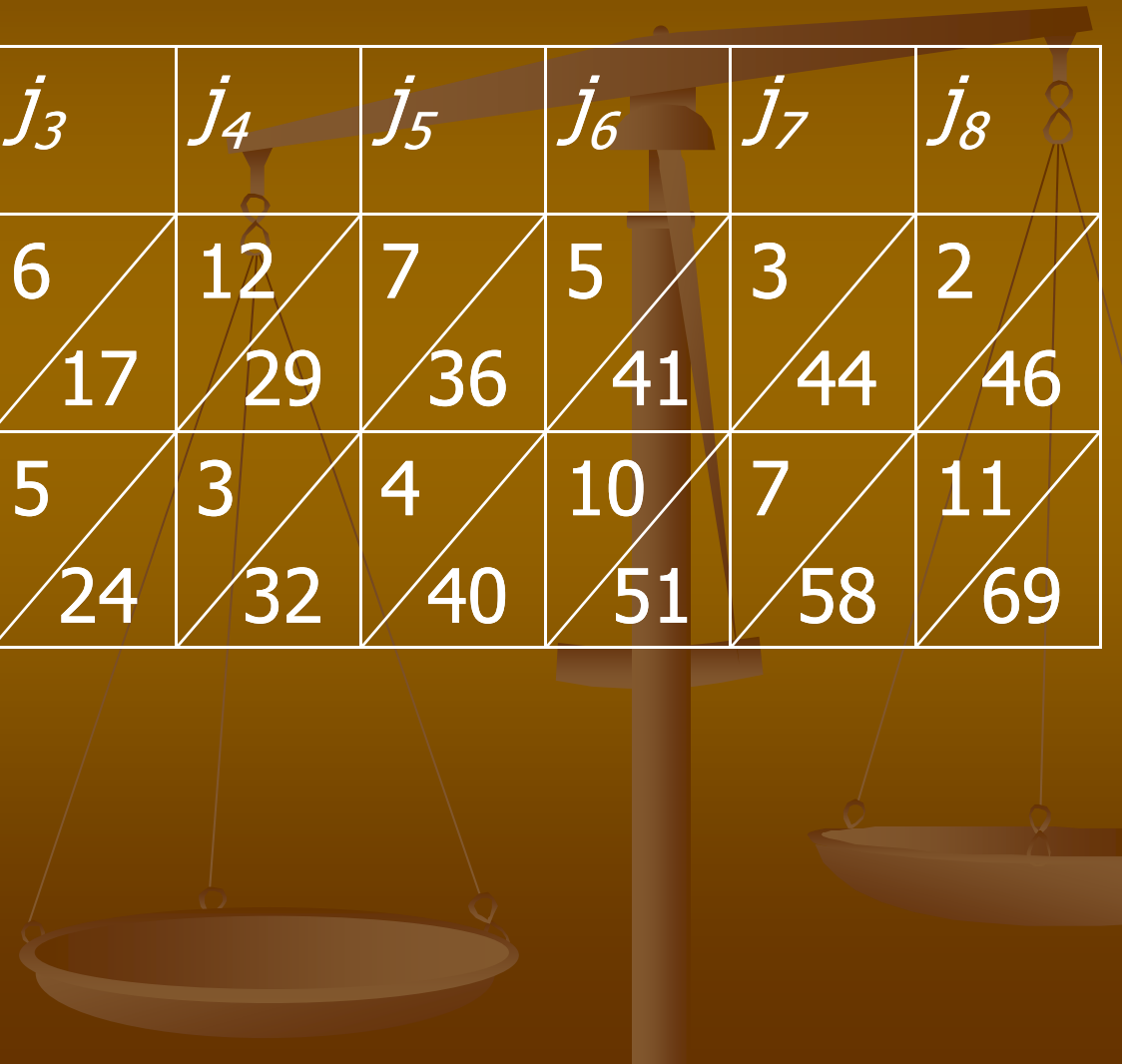
按约-贝规则对上例进行排序，得到排序结果如下：

J8-J7-J6-J1-J3-J5-J4-J2

用哈姆表算法，求得各任务在各设备上的完工时间如下表：

任务	j_8	j_7	j_6	j_1	j_3	j_5	j_4	j_2
$M_a \quad t_{aj}$	2 2	3 5	5 10	8 18	6 24	7 31	12 43	3 46
$M_b \quad t_{bj}$	11 13	7 20	10 30	9 39	5 44	4 48	3 51	2 53

排序前的流程时间计算



任 务	j_1	j_2	j_3	j_4	j_5	j_6	j_7	j_8
$Ma \quad t_{aj}$	8 8	3 11	6 17	12 29	7 36	5 41	3 44	2 46
$Mb \quad t_{bj}$	9 17	2 19	5 24	3 32	4 40	10 51	7 58	11 69

2、N项任务、三台设备的排序

例：三台设备、8项任务，各任务的工艺顺序相同，资料如下：



任务	j_1	j_2	j_3	j_4	j_5	j_6	j_7	j_8
$M_a \quad t_{aj}$	2	3	5	8	6	7	12	3
$M_b \quad t_{bi}$	11	7	10	9	5	4	3	2
$M_c \quad t_{cj}$	11	13	12	15	16	11	12	14

- 求最优解条件，满足如下条件之一：

$$\begin{cases} \min t_{a,j} \geq \max t_{b,j} \\ \min t_{c,j} \geq \max t_{b,j} \end{cases}$$

- 求解步骤：
- 1、把三台设备转换为两台假象设备，假想设备加工时间按如下公式转换：

$$\begin{cases} t_{g,j} = t_{a,j} + t_{b,j} \\ t_{h,j} = t_{c,j} + t_{b,j} \end{cases}$$

上例中，满足条件

$$\min t_{c,j} \geq \max t_{b,j}$$

转换两台假想设备，结果如下表：

任 务	j_1	j_2	j_3	j_4	j_5	j_6	j_7	j_8
Mg tgj	13	10	15	17	11	11	15	5
Mh thj	22	20	22	24	21	15	15	16

用约-贝规则求得排序结果如下：

$J_8-J_2-J_5-J_6-J_1-J_3-J_7-J_4$ ；（或： $-J_4-J_7$ ）

用哈姆表算法分别计算两方案的流程时间：

$J_8-J_2-J_5-J_6-J_1-J_3-J_7-J_4$;

任务	J_8	J_2	J_5	J_6	J_1	J_3	J_7	J_4
$M_a \quad t_{aj}$	3 3	3 6	6 12	7 19	2 21	5 26	12 38	8 46
$M_b \quad t_{bj}$	2 5	7 13	5 18	4 23	11 34	10 44	3 47	9 56
$M_c \quad t_{cj}$	14 19	13 32	16 48	11 59	11 70	12 82	12 94	15 109

$J_8-J_2-J_5-J_6-J_1-J_3-J_4-J_7$

任务	J_8	J_2	J_5	J_6	J_1	J_3	J_4	J_7
$M_a \quad t_{aj}$	3 3	3 6	6 12	7 19	2 21	5 26	8 34	12 48
$M_b \quad t_{bj}$	2 5	7 13	5 18	4 23	11 34	10 44	9 53	3 56
$M_c \quad t_{cj}$	14 19	13 32	16 48	11 59	11 70	12 82	15 97	12 109

按自然顺序加工的流程时间计算

任务	j_1	j_2	j_3	j_4	j_5	j_6	j_7	j_8
$M_a \quad t_{aj}$	2 2	3 5	5 10	8 18	6 24	7 31	12 43	3 46
$M_b \quad t_{bj}$	11 13	7 20	10 30	9 39	5 44	4 48	3 51	2 53
$M_c \quad t_{cj}$	11 24	13 33	12 45	15 60	16 76	11 87	12 99	14 113

4、N项任务，m台设备的排序方法：

例：8项任务，须经6台设备加工，求最优加工顺序：

任务 设备		j_1	j_2	j_3	j_4	j_5	j_6	j_7	j_8
M_1	t_{1j}	5	7	5	2	5	6	4	2
M_2	t_{2j}	7	5	8	6	6	2	2	3
M_3	t_{1j}	3	6	4	4	7	6	3	2
M_4	t_{1j}	4	3	6	1	9	3	11	9
M_5	t_{1j}	8	2	9	6	1	8	3	7
M_6	t_{1i}	2	9	1	3	8	9	7	6
合 计		29	32	33	22	36	35	30	29

- 1)、关键任务法：
- 求出各项任务的总加工时间；
- 以总加工时间最大者为关键任务 J_C ；
- 找出： $t_{1,j} < t_{m,j}$ 的任务，按 $t_{1,j}$ 从小到大排在 J_C 前面；
- 找出： $t_{1,j} > t_{m,j}$ 的任务，按 $t_{m,j}$ 从大到小排在 J_C 后面；
- $t_{1,j} = t_{m,j}$ 的任务，排在 J_C 紧前或紧后。
- 求上例加工顺序：

- 关键零件: $J_c=J_5$
- 满足 $t_{1,j} < t_{m,j}$ 的零件有: J_2 、 J_4 、 J_6 、 J_7 、 J_8 , 按 t_{1j} 大小从小到大排在: J_5 之前:

$J_8 - J_4 - J_7 - J_6 - J_2 - J_5 -$

- 满足 $t_{1,j} > t_{m,j}$ 的零件有: J_1 、 J_3 , 按 $t_{m,j}$ 从大到小排在 J_5 之后。

- 得到加工顺序:

$J_8 - J_4 - J_7 - J_6 - J_2 - J_5 - J_1 - J_3$

- 用哈姆表算法计算流程时间:

任务 设备		j_8	j_4	j_7	j_6	j_2	j_5	j_1	j_3
M_1	t_{1j}	2 2	2 4	4 8	6 14	7 21	5 26	5 31	5 36
M_2	t_{2j}	3 5	6 11	2 13	2 16	5 26	6 32	7 39	8 47
M_3	t_{1j}	2 7	4 15	3 18	6 24	6 32	7 39	3 42	4 51
M_4	t_{1j}	9 15	1 16	11 29	3 32	3 35	9 48	4 52	6 58
M_5	t_{1i}	7 22	6 28	3 31	8 40	2 42	1 49	8 60	9 69
M_6	t_{1j}	6 28	3 31	7 38	9 49	9 58	8 66	2 68	1 70

任务 设备		j_1	j_2	j_3	j_4	j_5	j_6	j_7	j_8
M_1	t_{1j}	5 5	7 12	5 17	2 19	5 24	6 30	4 34	2 36
M_2	t_{2j}	7 12	5 17	8 25	6 31	6 37	2 39	2 41	3 44
M_3	t_{1j}	3 15	6 23	4 29	4 35	7 44	6 50	3 53	2 55
M_4	t_{1j}	4 19	3 26	6 35	1 36	9 45	3 53	11 64	9 73
M_5	t_{1i}	8 27	2 29	9 44	6 50	1 51	8 61	3 67	7 80
M_6	t_{1j}	2 29	9 38	1 45	3 53	8 61	9 70	7 77	6 86

■ 2、最小排序系数 (k_j) 法:

$$k_j = \sum_{i=1}^{m/2} t_{i,j} / \sum_{i=\frac{m}{2}+1}^m t_{i,j}$$

按 k_j 大小，从小到大排序。上例按最小排序系数法，可得到较优加工顺序：

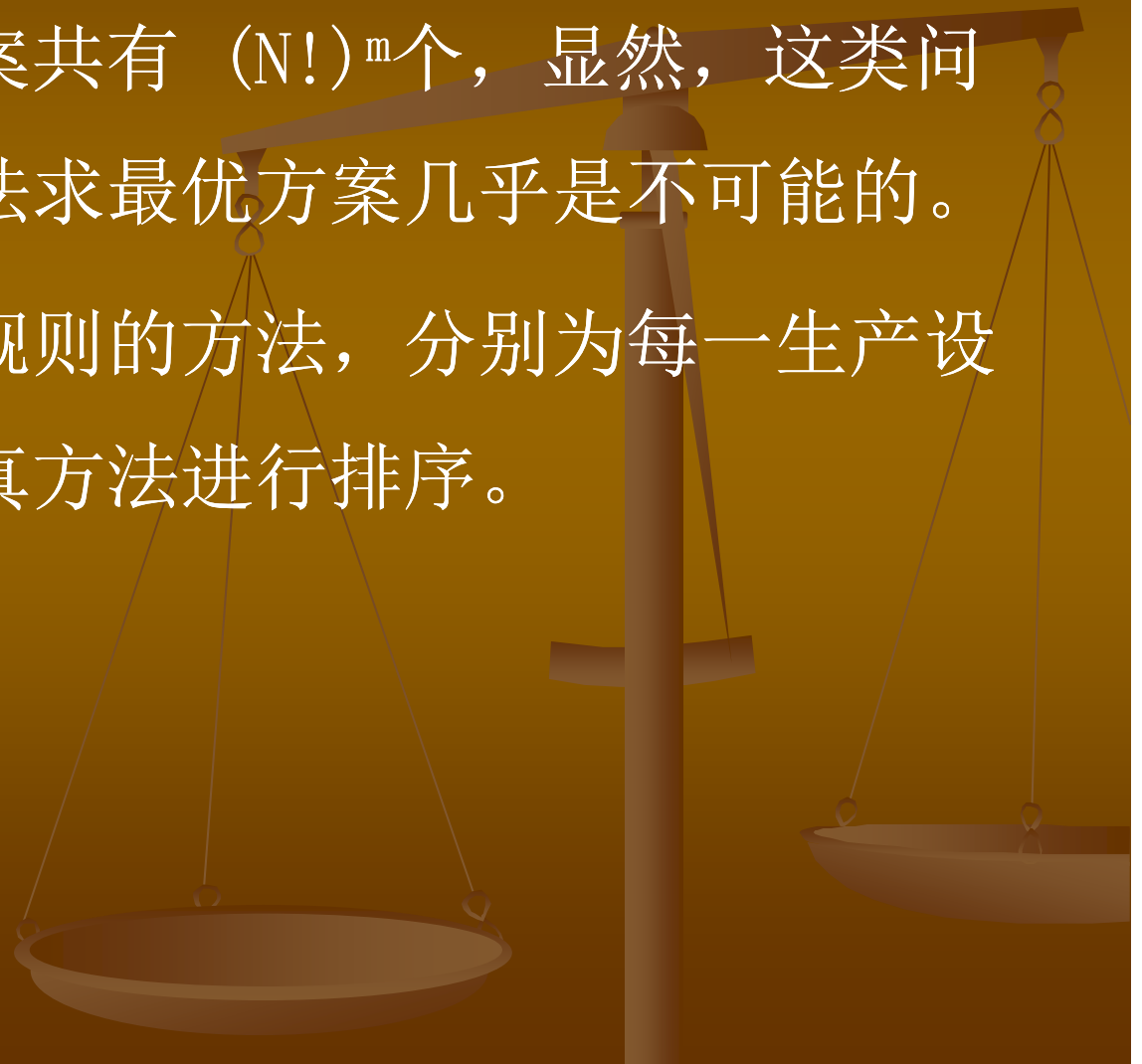
$J8 - J7 - J6 - J5 - J3 - J1 - J4 - J2$

当设备数为单数时，把中间设备的加工时间，平分后加到前后两部分设备上。

任务 设备		j_1	j_2	j_3	j_4	j_5	j_6	j_7	j_8
M_1	t_{1j}	5	7	5	2	5	6	4	2
M_2	t_{2j}	7	5	8	6	6	2	2	3
M_3	t_{1j}	3	6	4	4	7	6	3	2
M_4	t_{1j}	4	3	6	1	9	3	11	9
M_5	t_{1j}	8	2	9	6	1	8	3	7
M_6	t_{1j}	2	9	1	3	8	9	7	6
k_j		1.07	1.29	1.06	1.2	1.0	0.7	0.43	0.32

■ 二、非流水型排序问题

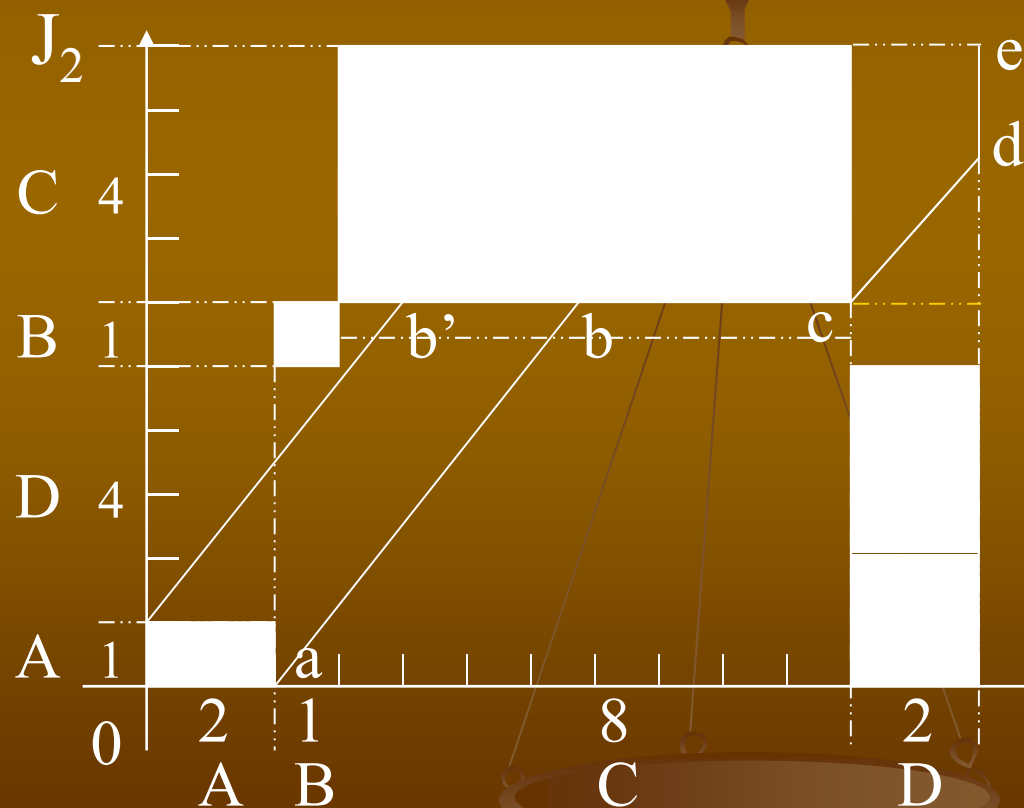
- N项任务，经M台设备加工，各任务工艺顺序不同。
- 这类问题的排序方案共有 $(N!)^m$ 个，显然，这类问题的排序，用解析法求最优方案几乎是不可能的。
- 实践中多采用排序规则的方法，分别为每一生产设备排序。或采用仿真方法进行排序。



例：两个工件在m台设备上加工的 RND问题：

J_1 A(2) - B(1) - C(8) - D(2)

J_2 A(1) - D(4) - B(1) - C(4)

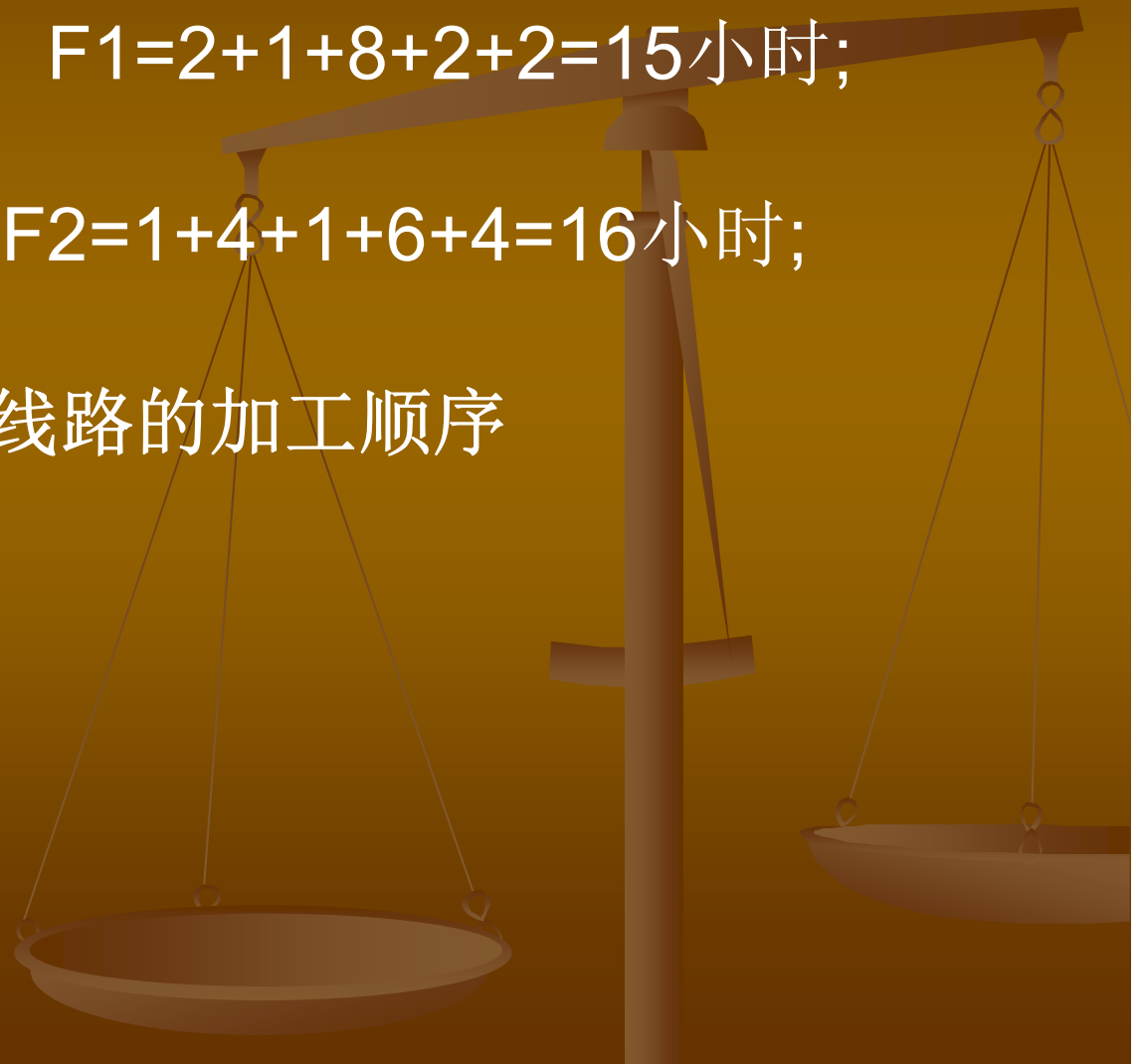


比较两条线路长：

O-a-b-c-d-e $F_1=2+1+8+2+2=15$ 小时；

O-a'-b'-c-d-e $F_2=1+4+1+6+4=16$ 小时；

选择o-a-b-c-d-e线路的加工顺序



第四章 生产过程空间组织

第一节 厂址选择

一、影响厂址选择的因素

1、自然资源条件

1.1 土地资源条件;

1.2 气候条件;

1.3 水资源;

1.4 物料资源;

2、社会环境条件

2.1 劳动力资源



2.2 基础设施条件

2.3 工业协作条件

- 3、生活基础条件;
- 4、地方政策法规;
- 5、产品市场销售地距离;

■ 二、厂址选择原则

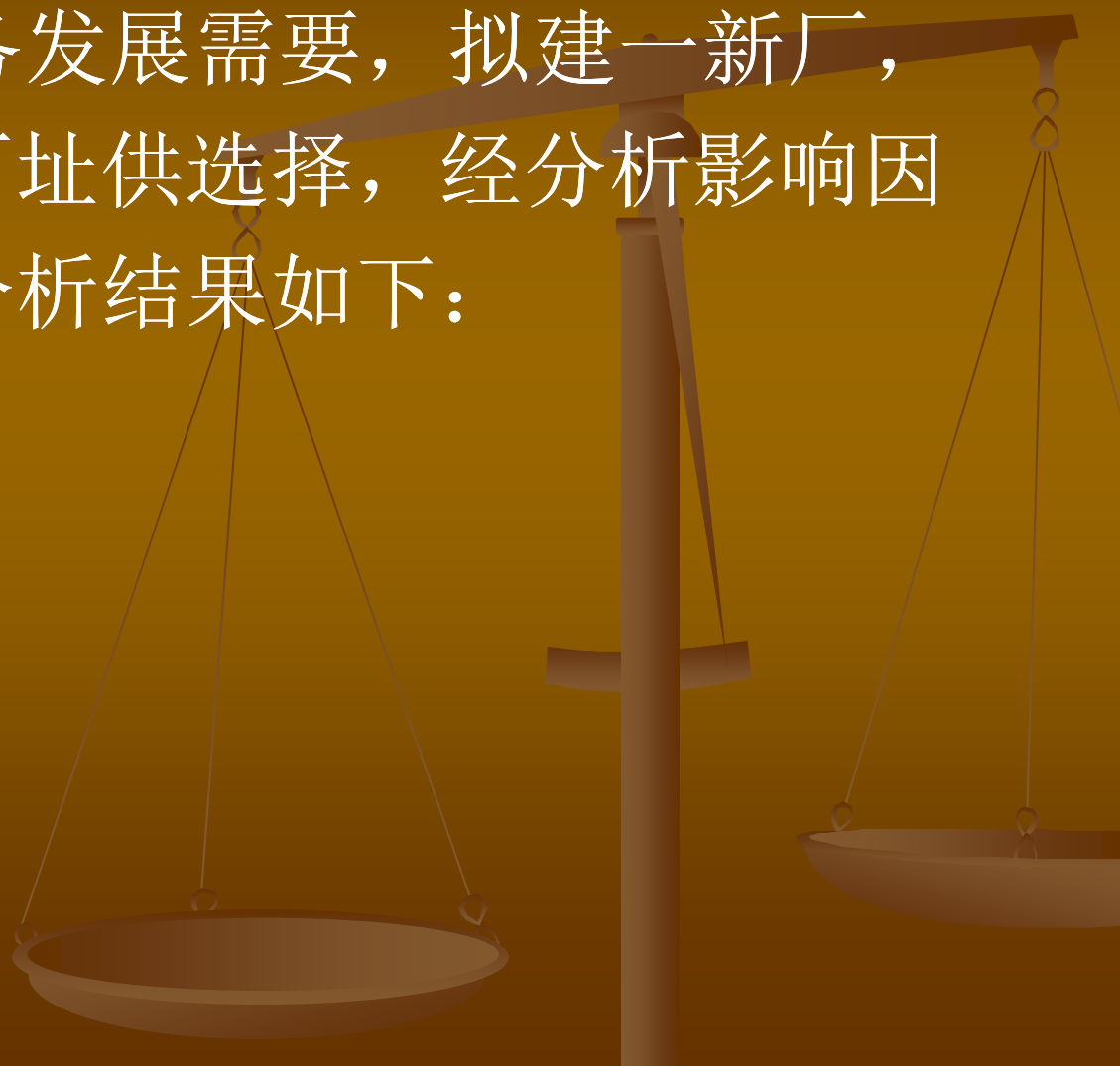
- 1、费用最小化原则
- 2、人才集聚原则
- 3、接近市场原则
- 4、长远发展原则



三、厂址选择方法

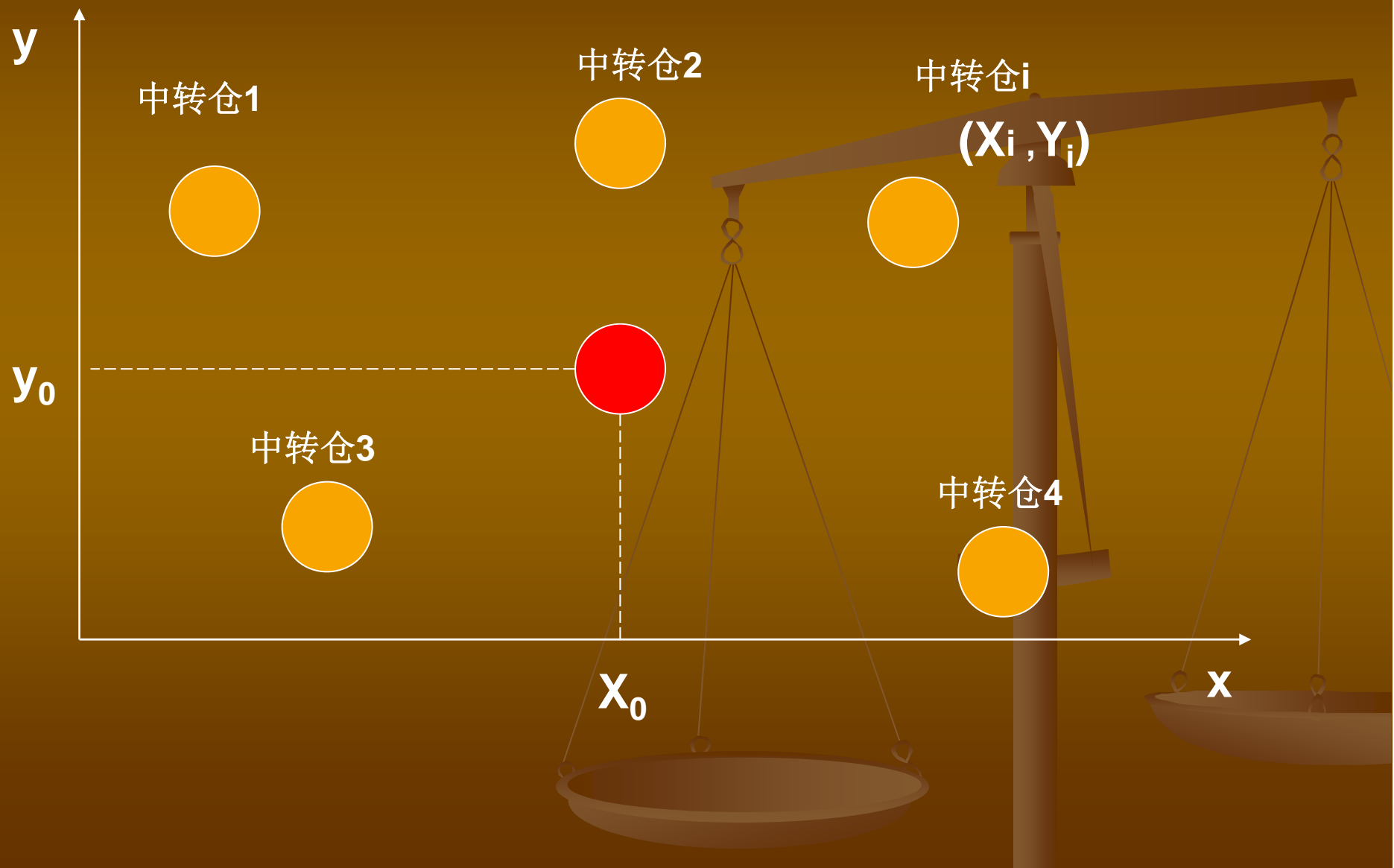
■ 3.1 加权评分法

例：某公司业务发展的需要，拟建一新厂，现有三个备选厂址供选择，经分析影响因素共有九个，分析结果如下：



影响因素	权数	备选厂址					
		A		B		C	
土地资源	4	2	8	3	12	2	8
气候条件	1	1	1	1	1	2	2
水资源	3	4	12	2	6	3	9
物料资源	6	3	18	4	24	2	12
技术设施	7	4	28	3	21	4	28
市场容量	7	3	21	4	28	3	21
生活条件	5	4	20	3	15	2	10
人力资源	2	4	8	2	4	2	4
地方法规	5	4	20	3	15	2	10
总评分		136		126		104	

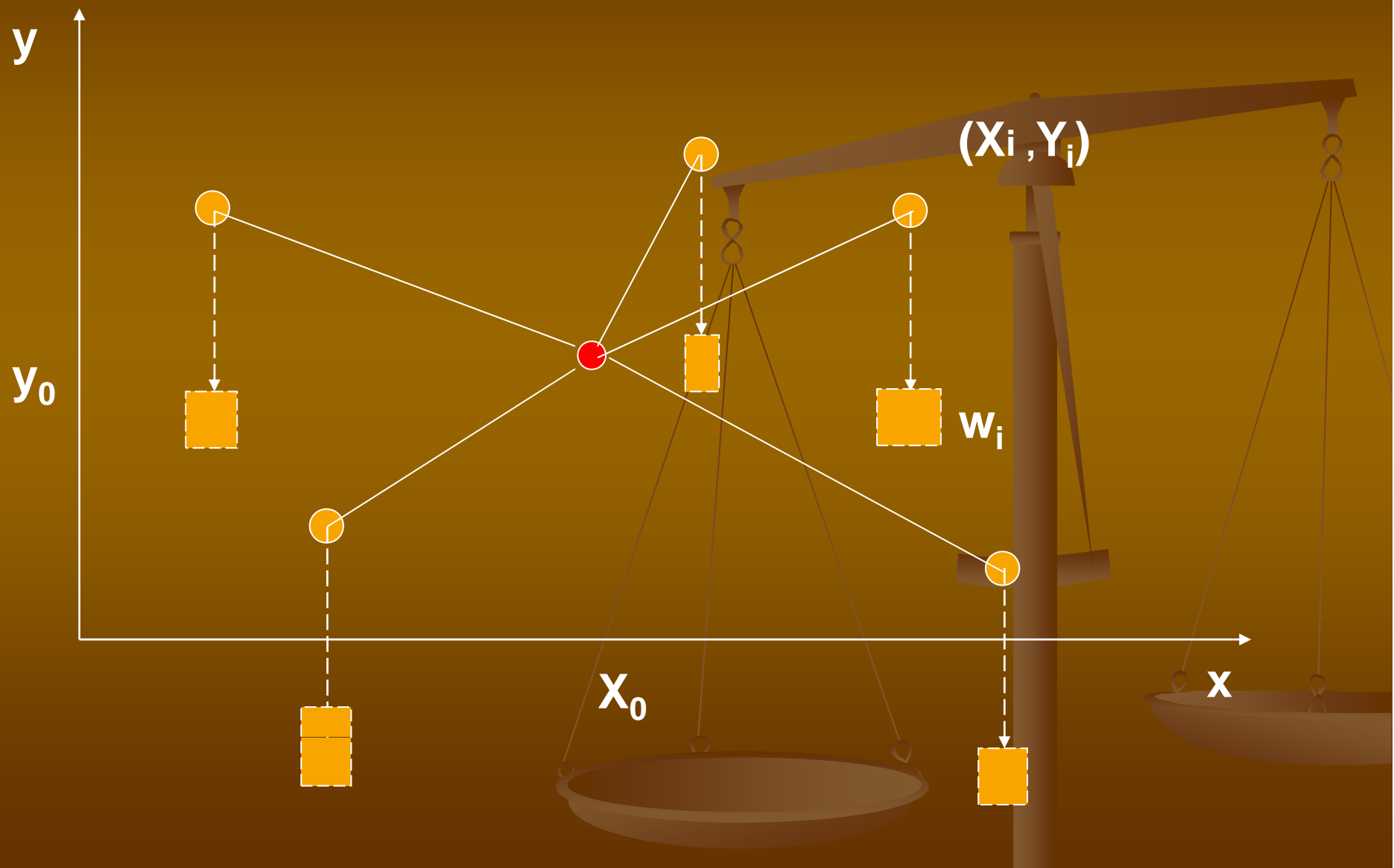
■ 3.2 重心法



$$x_0 = \frac{\sum_{i=1}^n w_i x_i}{\sum_{i=1}^n w_i}$$

$$y_0 = \frac{\sum_{i=1}^n w_i y_i}{\sum_{i=1}^n w_i}$$

■ 3.3 仿真法



■ 第二节 生产单位配置和专业化形式

■ 一、生产单位组成

■ 基本生产单位—铸造、锻造、下料、热处理、电镀、机加工、装配等车间。

■ 辅助生产单位：工具车间、维修车间、动力车间；

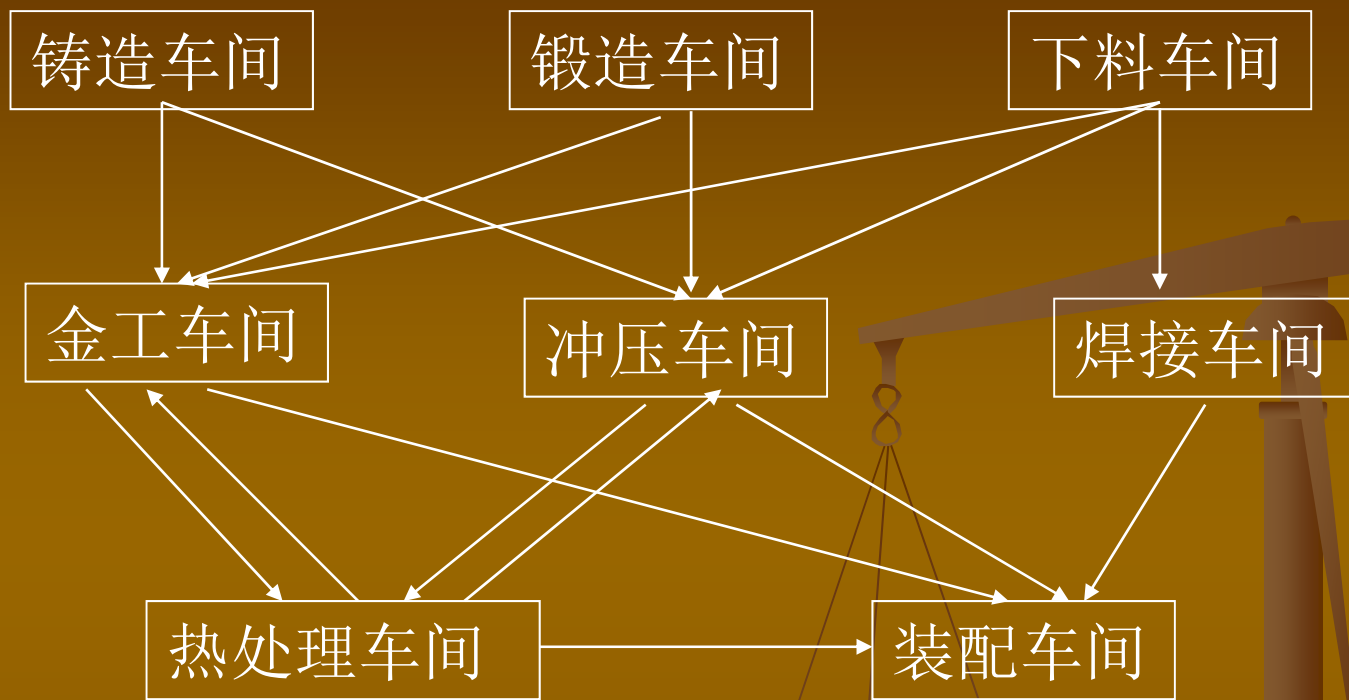
■ 生产服务部门：原材料库、半成品库、成品库、运输车队，

■ 生产技术准备部门：样品试制车间，工艺技术部门等。

■ 二、生产单位的专业化形式

■ 1) 工艺专业化

■ 即把完成相同工艺的设备（工作地）组成一个生产单位。



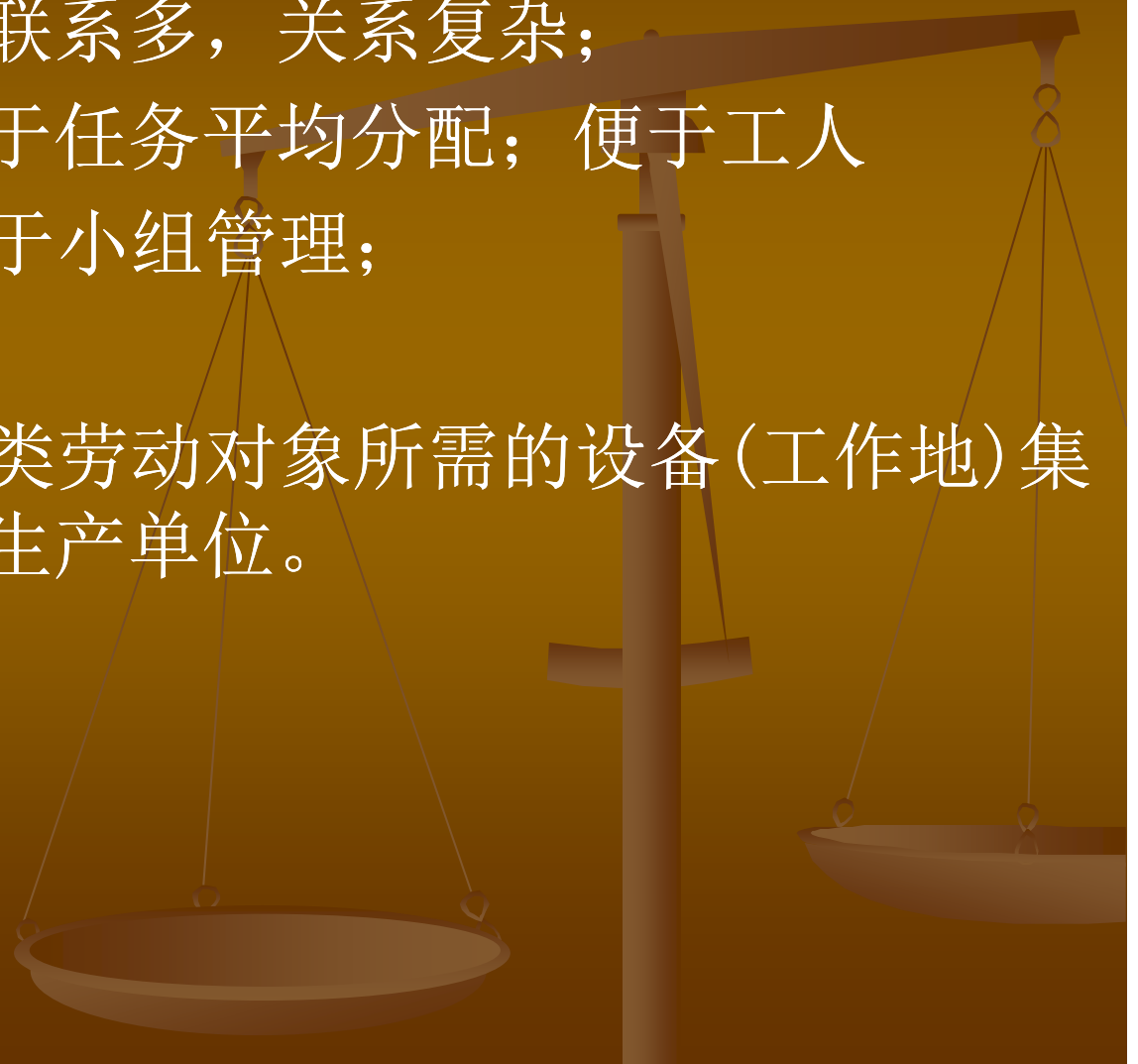
工艺专业化生产单位组织形式

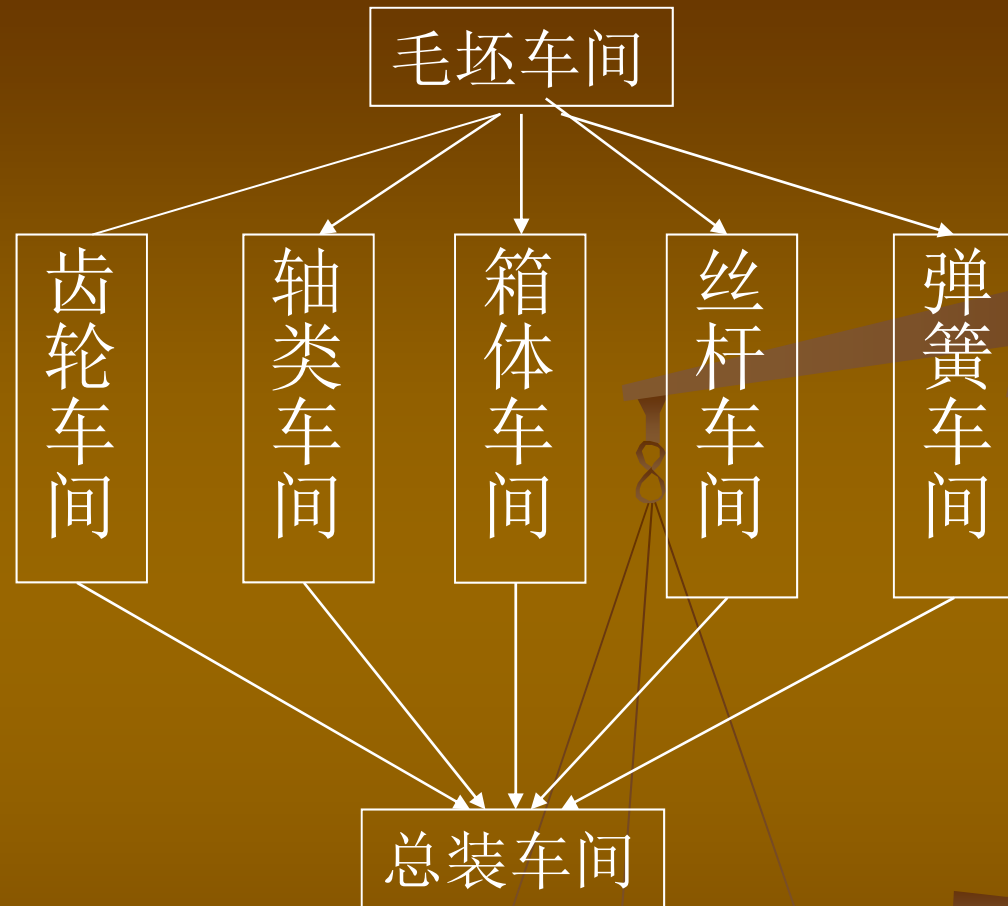
■ 工艺专业化的优缺点

- 缺点：物流路线长，搬运工作量大；
- 在制品占用多，生产周期长；
- 车间之间交接联系多，关系复杂；
- 优点：适应性好，便于任务平均分配；便于工人技术交流，便于小组管理；

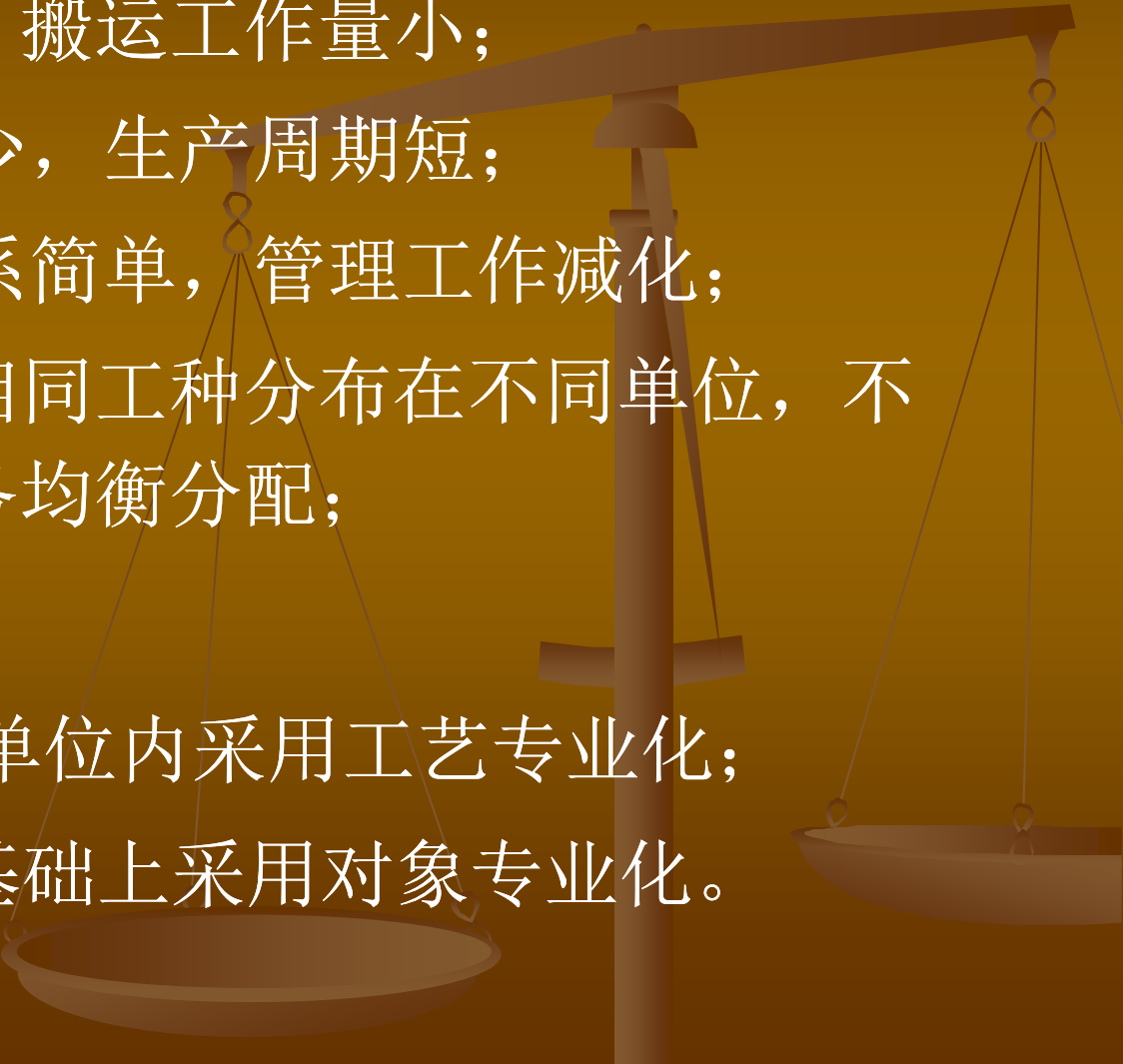
■ 2) 对象专业化

把加工某种或某类劳动对象所需的设备(工作地)集中在一起，组成一个生产单位。





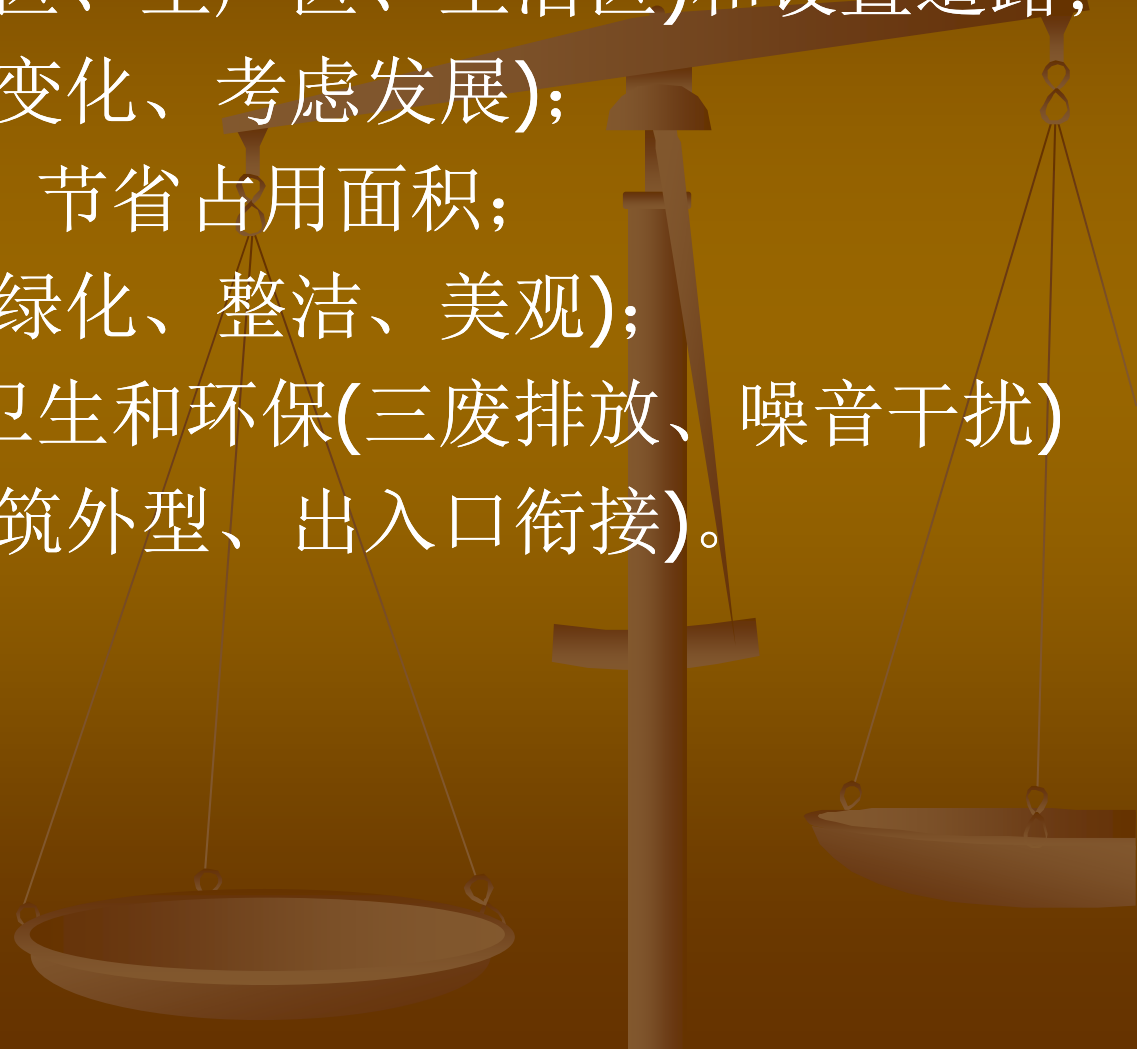
对象专业化生产单位组织形式

- 
- 在对象专业化单位里，加工工艺不同，工人工种不同，可以对同种对象进行所有(或大部分)工艺内容的加工，因而也称为封闭式车间。
 - 优点：物流路线短，搬运工作量小；
 - 在制品占用少，生产周期短；
 - 车间之间联系简单，管理工作减化；
 - 缺点：适应性差，相同工种分布在不同单位，不便于技术交流和任务均衡分配；
 - 综合专业化原则
 - 1、在对象专业化单位内采用工艺专业化；
 - 2、在工艺专业化基础上采用对象专业化。

第三节 厂区总体布置

一、厂区平面布置原则

1. 合理划分厂区(厂前区、生产区、生活区)和设置道路;
2. 足够的灵活性(适应变化、考虑发展);
3. 充分利用厂区面积, 节省占用面积;
4. 美化绿化厂区环境(绿化、整洁、美观);
5. 符合安全、防火、卫生和环保(三废排放、噪音干扰)
6. 与周边环境协调(建筑外型、出入口衔接)。



二、工厂布置的程序与方法

(一)、工厂布置的步骤：

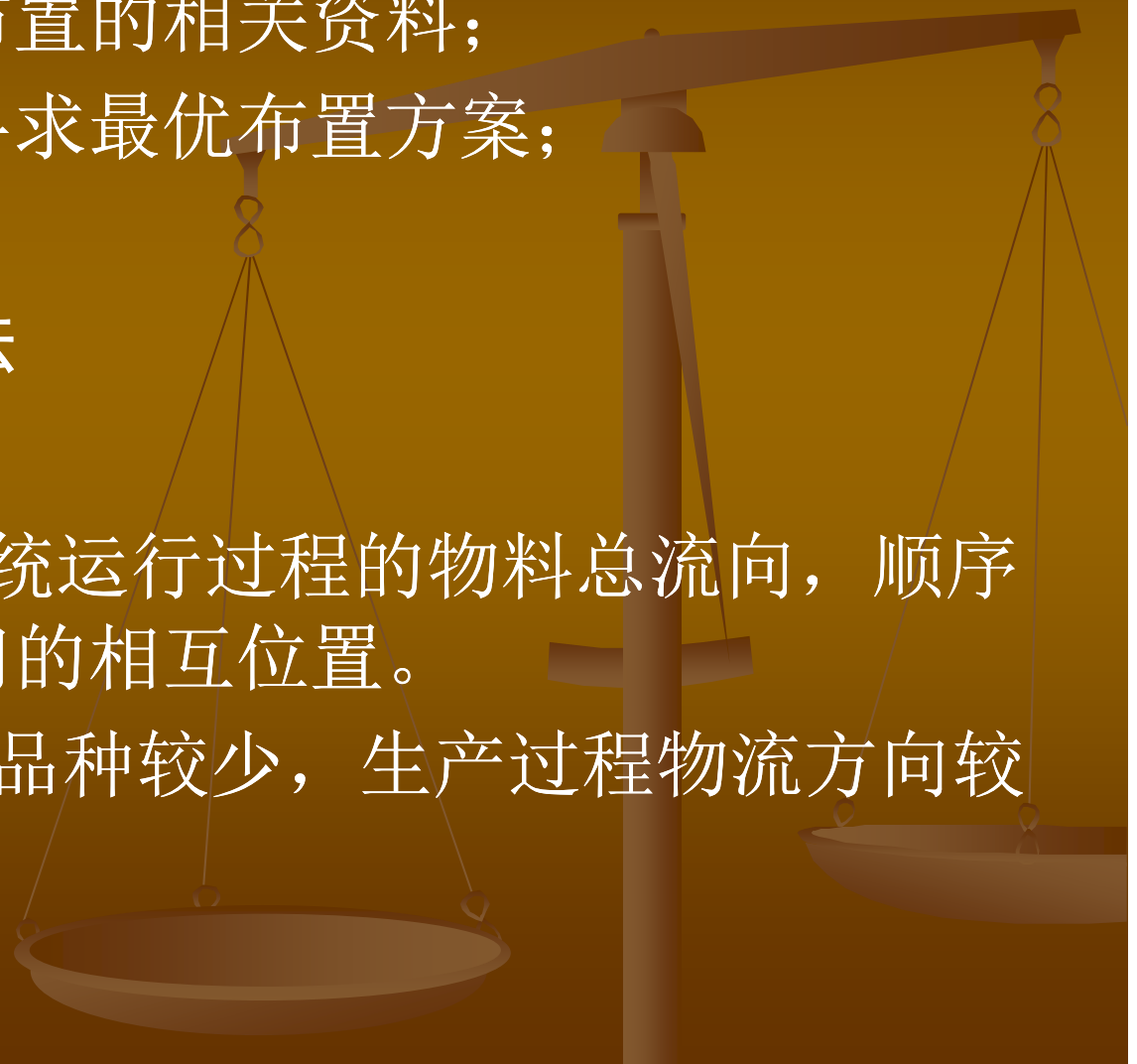
1. 收集和掌握工厂布置的相关资料；
2. 应用优化方法，寻求最优布置方案；
3. 进行实际布置。

(二)、工厂布置的方法

(1) 物料流向图法

根据生产系统运行过程的物料总流向，顺序确定各单位和部门的相互位置。

适用于产品品种较少，生产过程物流方向较明显的情况下。



(2)物料流量图法

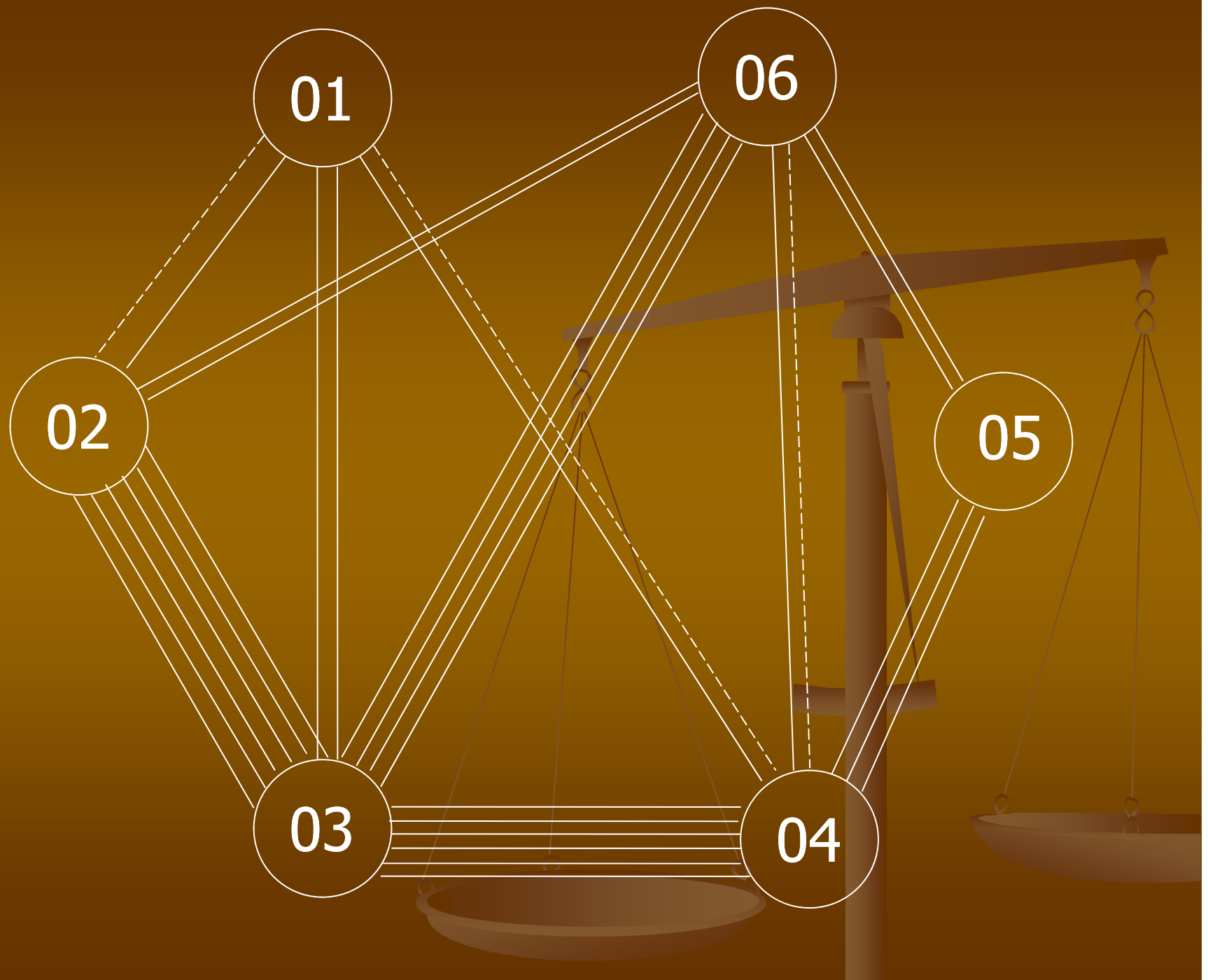
根据生产过程各单位和部门之间的物流量大小，确定各部门之间的相互位置。即把相互间物流量大的部门尽量靠近布置。

步骤：

- 统计各单位间的物料运输量；
- 用从至表的方式表示或用图表示各单位间的运输量；
- 把相互间物流量大的单位尽量靠近布置。

物料运输量统计表

至 从	01	02	03	04	05	06	总计
01		3	4	3			10
02			6			4	10
03		6		6		4	16
04			6		4	2	12
05				2		4	6
06			4	1			5
合计		9	20	12	4	14	



3、相关图法

根据生产过程各单位的关系密切程度,确定各部门的相互位置的方法.

把相互间关系密切程度高的部门尽量靠近布置.此法适用于运作过程各部门间主要为非物流关系的情况. 步骤如下:

1. 确定关系级别: 按 A、E、I、O、U、X 顺序, 划分关系密切程度级别, A 为最高级别, X为最低级别。
2. 分别给各级别关系设定分值。

如：A=6分； E=5分； I=4分； O=3分；
U=2分； X=1分。

1. 分析各部门之间的关系因素，确定各部门之间的关系级别；
2. 根据关系级别，进行部门布置，把相互间关系最密切的单位尽量靠近布置；

例：有5个部门，各部门的面积分别为：

$A_1=1000 \text{ m}^2$ 、 $A_2=2000 \text{ m}^2$ 、 $A_3=2000 \text{ m}^2$

$A_4=1000 \text{ m}^2$ 、 $A_5=1000 \text{ m}^2$

经分析各部门的相关关系如下表:

至 从	A1	A2	A3	A4	A5	总分
A1		U/2	E/5	I/4	U/2	13
A2	U/2		O/3	O/3	U/2	10
A3	E/5	O/3		A/6	O/3	17
A4	I/4	O/3	A/6		U/2	15
A5	U/2	U/2	O/3	U/2		9

1) 找出关系总分最高者，把其布置在中央；

03 03

2) 按关系级别，找出与已布置部门关系级别最高者，作为下一个布置的部门；

3) 当最高关系级别部门同时有多个时，选其关系总分最高者先布置；

04
03 03

4) 当某部门位置方案有多个时，比较各方案的布置得分，取得分最高的方案；



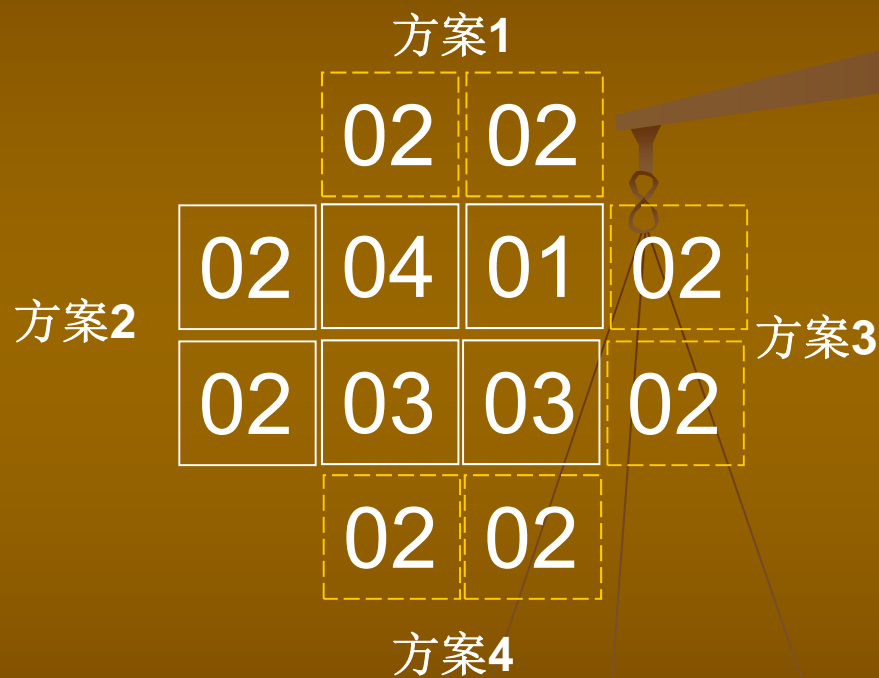
计算各方案布置得分：按部门相邻布置则计其关系分，不相邻布置则零分计。

方案1 = 4； 方案2 = 方案4 = 5；

方案3 = 5+4=9；

故应选方案3

5) 重复 2) 至 4) 步，直至所有部门布置完，
得到各部门初步布置方案；



方案1=2+3=5； 方案2=3+3=6；
方案3=2+3=5； 方案4=3；

取方案2。

- 对05部门的布置结果如下：



02	04	01
02	03	03
	05	

- 6) 根据总体面积形状，调整各部门面积形状，加入通道系统。

■ 经部门面积调整后的布置方案



4、从至表-试验法

借助从至表，寻求设备单行布置优化方案的方法，步骤如下：

① 画出生产线加工的各零件工艺路线图，统计各设备间的物流量，据此画出物料从至表（例见表）。

从至表的意义如下：

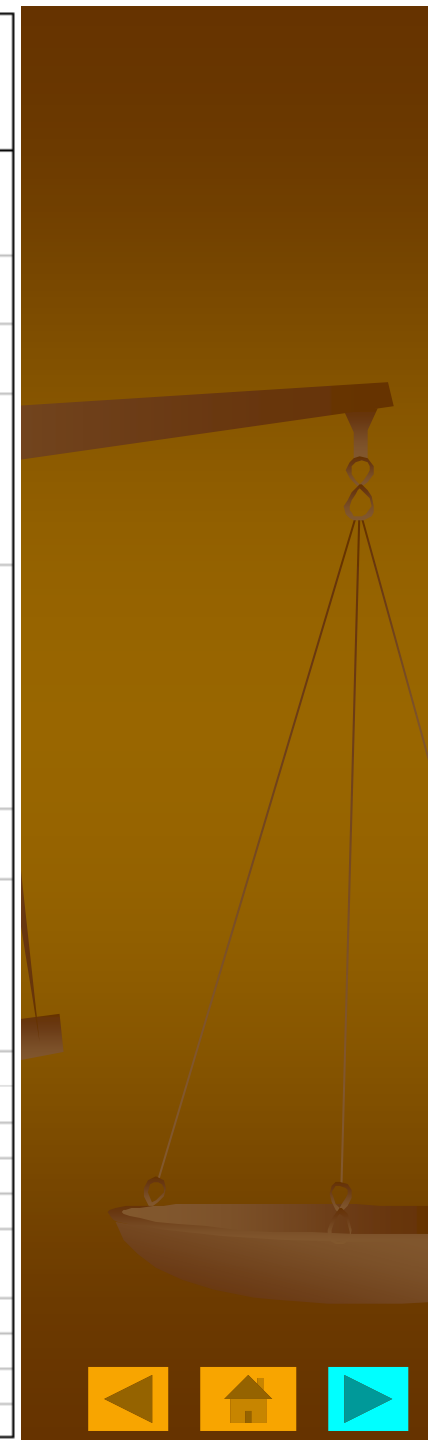
各方格内的数字表示从对应行设备运往对应列设备的物流量；

设物流正方向为从左至右，则对角线左下方的数字为反向物流，对角线右上方数字为正向物流；

01 — 02 — 03 — 04 — 05 — 06 — 07



设备 零件号	毛坯库	铣床	车床	钻床	镗床	磨床	压床	内圆磨床	锯床	检验台
101	① →	②③ ④	⑤	⑧⑨ ⑩			⑥⑦			①
102	① →	②③	④⑤	⑥				⑦		⑧
103	① →	②	③④	⑤						⑥
104	① →			③④ ⑤ ⑥⑦					②	
		⑧								⑩
205	① →			③ ④ ⑤						
		⑥ ⑦							⑧ ⑨ ⑩	①
206	① →	②③ ④	⑤⑥ ⑦							⑧
207	① →		③						② ④ ⑤	⑥
208	① →	②								③
309	① →	②③								④
310	① →	②	③④							⑤
311	① →	②	③				④			⑤
312	① →						②③			④
413	① →	② ③								④
414	① →	②								③
415	① →						②			③
416	① →						②③			④
517	① →						②③			④



■ 某生产线物料运输关系表

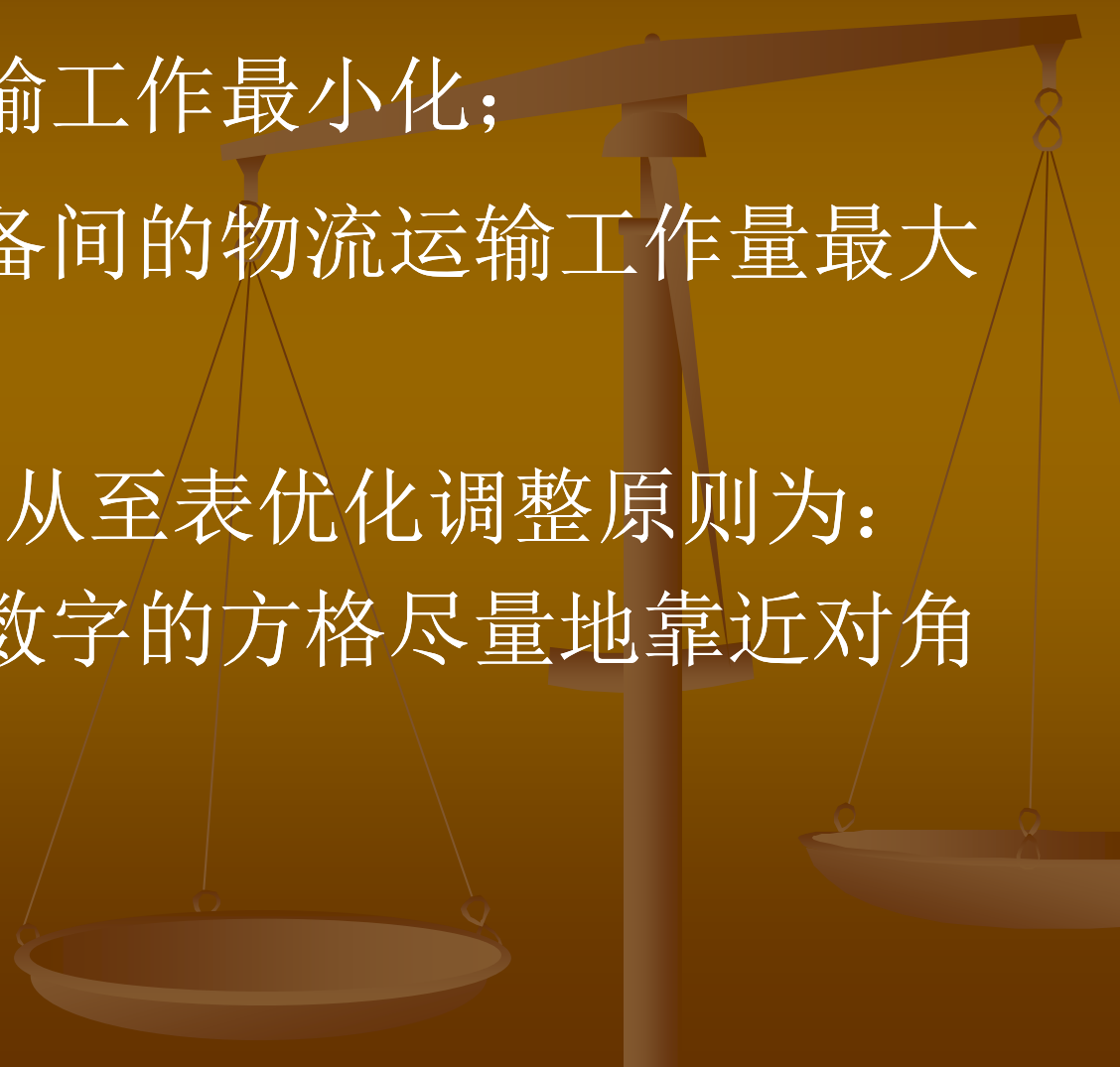
至 从	毛坯库	铣床	车床	钻床	镗床	磨床	压床	内圆磨	锯床	检验台	运出量
毛坯库		2	8			1	4		2		17
铣床			1	2			1			1	5
车床		2		4			1		1	3	11
钻床		1			1		2	1		5	10
镗床				1							1
磨床				1						1	2
压床				2						6	8
内圆磨										1	1
锯床			2			1					3
检验台											
运入量		5	11	10	1	2	8	1	3	17	58

设相邻位置设备间为一个单位距离，则紧靠对角线的方格对应行的设备和列设备的距离为“1”，离开对角线第二格的对应行设备和列设备之间的距离为“2”，以此类推，离对角线越远的格，其对应行和对应列设备之间的距离则越大。

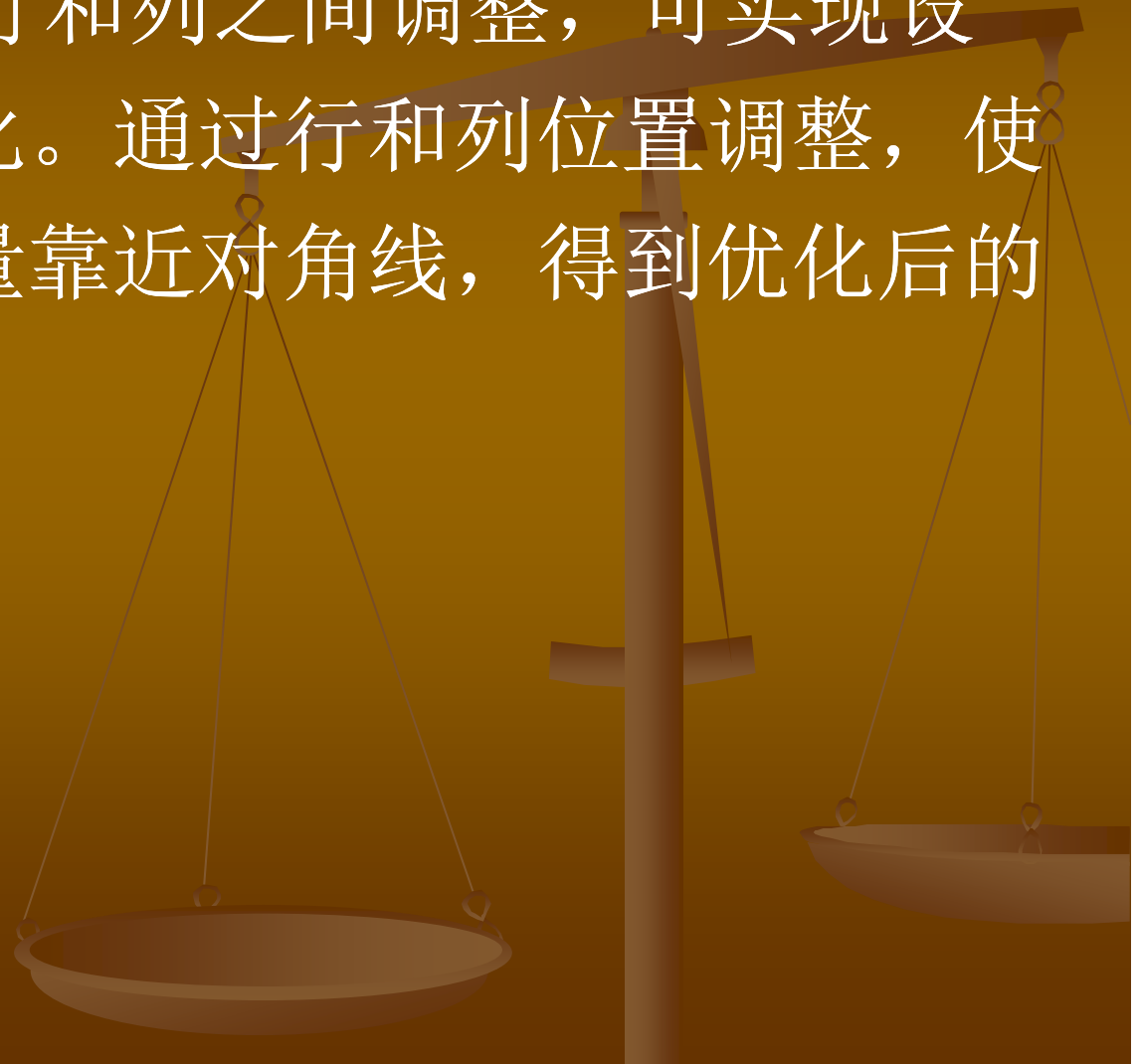
计算原布置方案物流运输工作量：

$$\begin{aligned} W_I = & 1(2+1+4+1+2+1) + 2(8+2+1+1+1) \\ & + 3(2+6+2+1) + 4(1+1+1) + 5(1+1) \\ & + 6(4+1+5+2) + 7(3) + 8(2+1) = 209 \end{aligned}$$

- 设备布置优化目标:
 - 1) 总物流运输工作量最小化;
 - 2) 反向物流运输工作最小化;
 - 3) 相邻位置设备间的物流运输工作量最大化;
- 根据上述目标, 从至表优化调整原则为:
 - 1) 从至表中有数字的方格尽量地靠近对角线;



- 2) 使从至表中数字大的方格，尽量靠近布置；
- 3) 尽量减少从至表对角线左下方的数字；
- 借助从至表行和列之间调整，可实现设备单行布置的优化。通过行和列位置调整，使大的数字方格尽量靠近对角线，得到优化后的从至表如下：



至 从	毛坯库	车床	钻床	压床	铣床	锯床	检验台	镗床	磨床	内圆磨	运出量
毛坯库		8		4	2	2			1		17
车床			4	1	2	1	3				11
钻床				2	1		5	1		1	10
压床			2				6				8
铣床		1	2	1			1				5
锯床		2							1		3
检验台											
镗床											1
磨床			1				1				2
内圆磨			1				1				1
运入量		11	10	8	5	3	17	1	2	1	58

- 计算优化后的总运输工作量:
- $W_0 = 1(8+4+2+2+1) + 2(1+1+1+2+1)$
 $+ 3(4+2+6+1+1+1) + 4(2+1+5+2)$
 $+ 5(2+3+1+1) + 6(1) + 7(1) + 8(1)$
 $= 170$

优化布置后，总运输工作量减少：

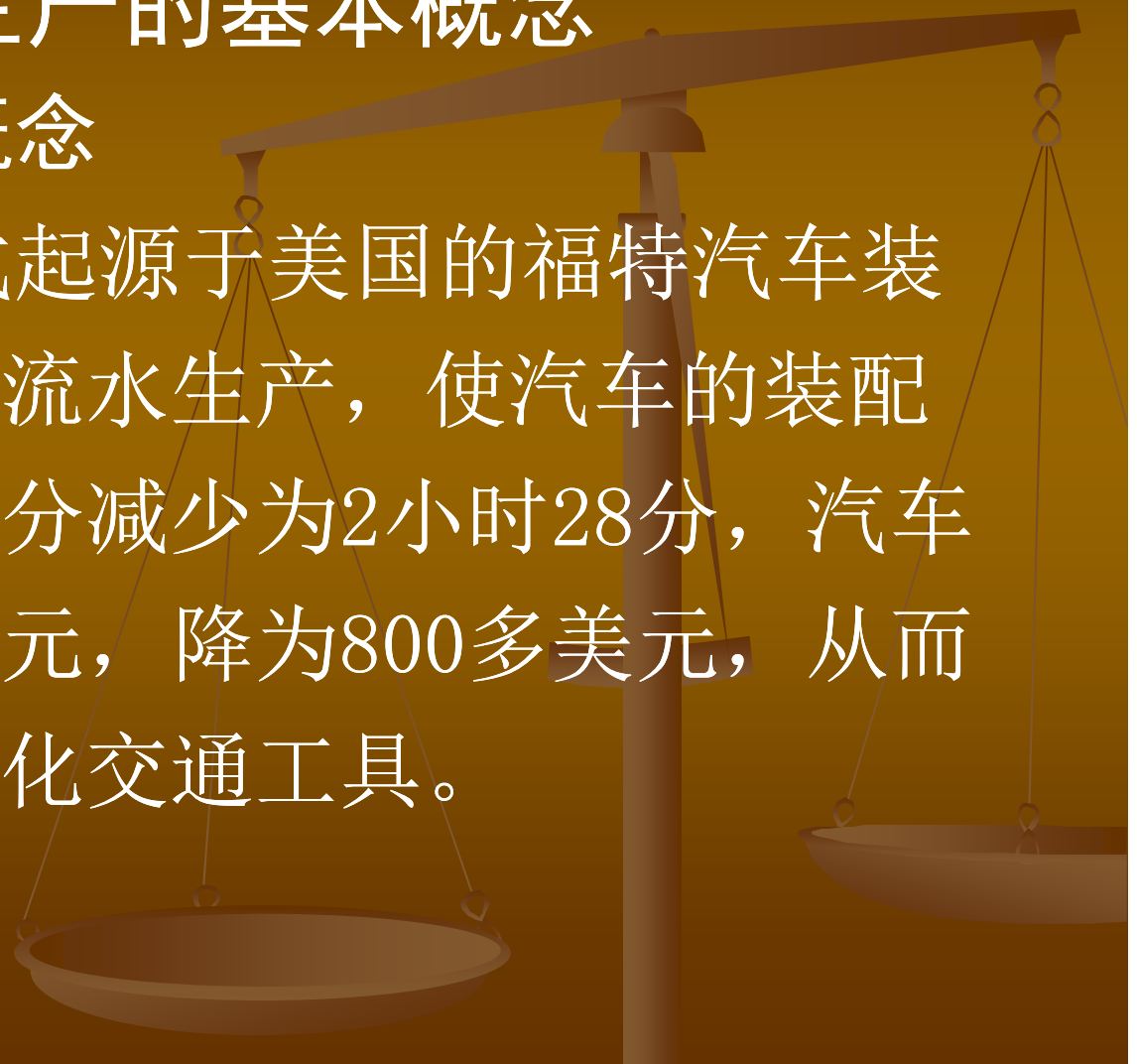
$$\Delta W = W_I - W_O = 209 - 170 = 39$$

第四章 流水生产组织

■ 第一节 流水生产的基本概念

一、流水生产的概念

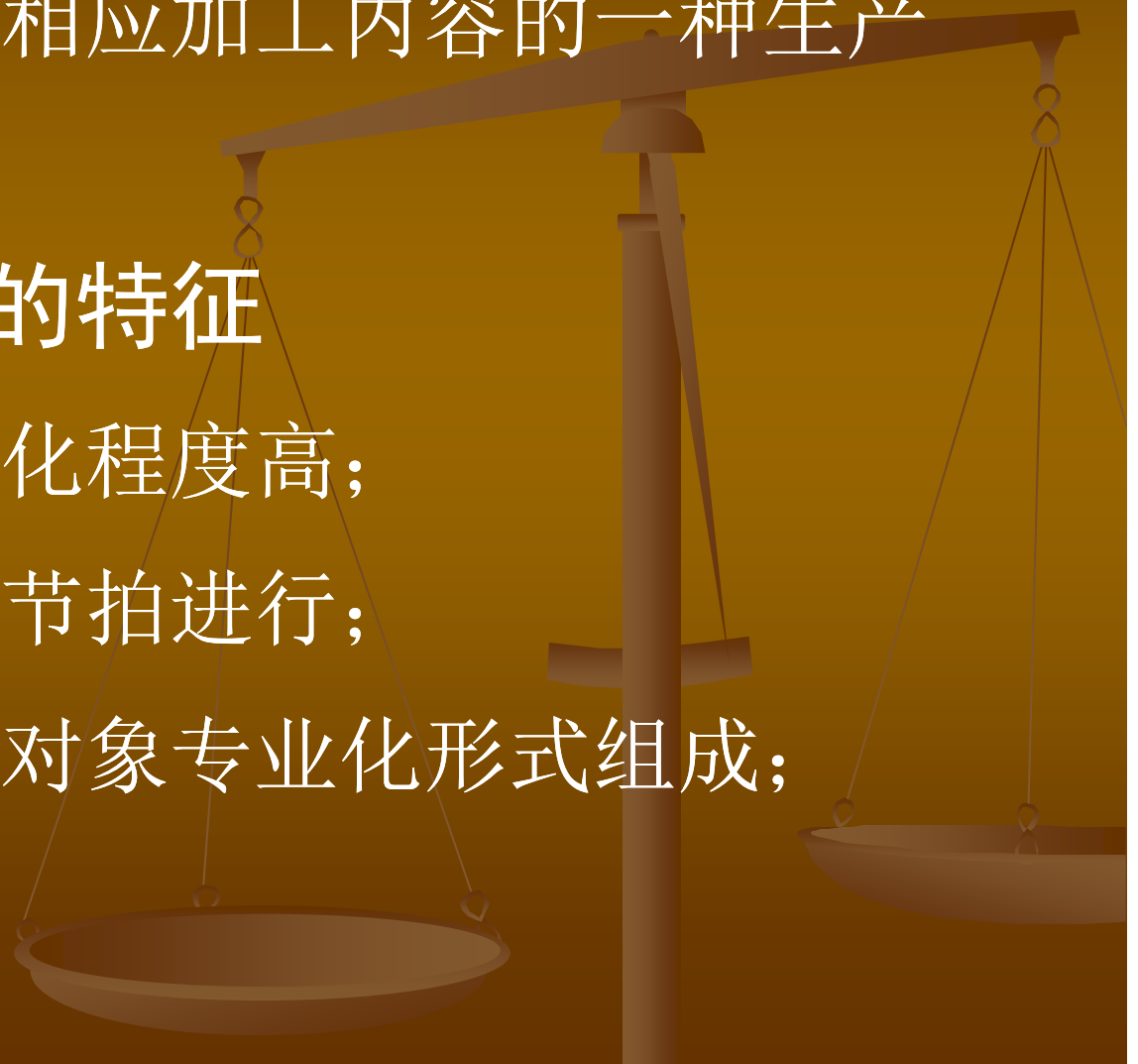
流水生产方式起源于美国的福特汽车装配线。由于采用流水生产，使汽车的装配时间从12小时28分减少为2小时28分，汽车成本由2800多美元，降为800多美元，从而使汽车成为大众化交通工具。



- 流水生产就是劳动对象按照预定的工艺顺序、统一的速度，连续不断地通过各个工作地，完成相应加工内容的一种生产组织形式。

■ 二、流水生产的特征

- 1) 工作地专业化程度高;
- 2) 生产按规定节拍进行;
- 3) 生产单位按对象专业化形式组成;



- 4) 各工序的比例性程度高;
- 5) 物料采用平行移动方式。

■ 三、流水线的种类

- 1) 按生产过程对象移动与否
 - 固定式流水线
 - 移动式流水线
- 2) 按流水线上加工对象的品种数
 - 单一品种流水线
 - 多品种流水线



- 3) 按生产过程的对象转换方式
 - 可变流水线
 - 混合流水线(成组流水线)
- 4) 按流程连续程度
 - 连续式流水线
 - 间断式流水线
- 5) 按流水线节拍性质
 - 强制节拍
 - 自由节拍
 - 粗略节拍



- 6) 按流水线机械化程度

- 手工式流水线

- 机械化流水线

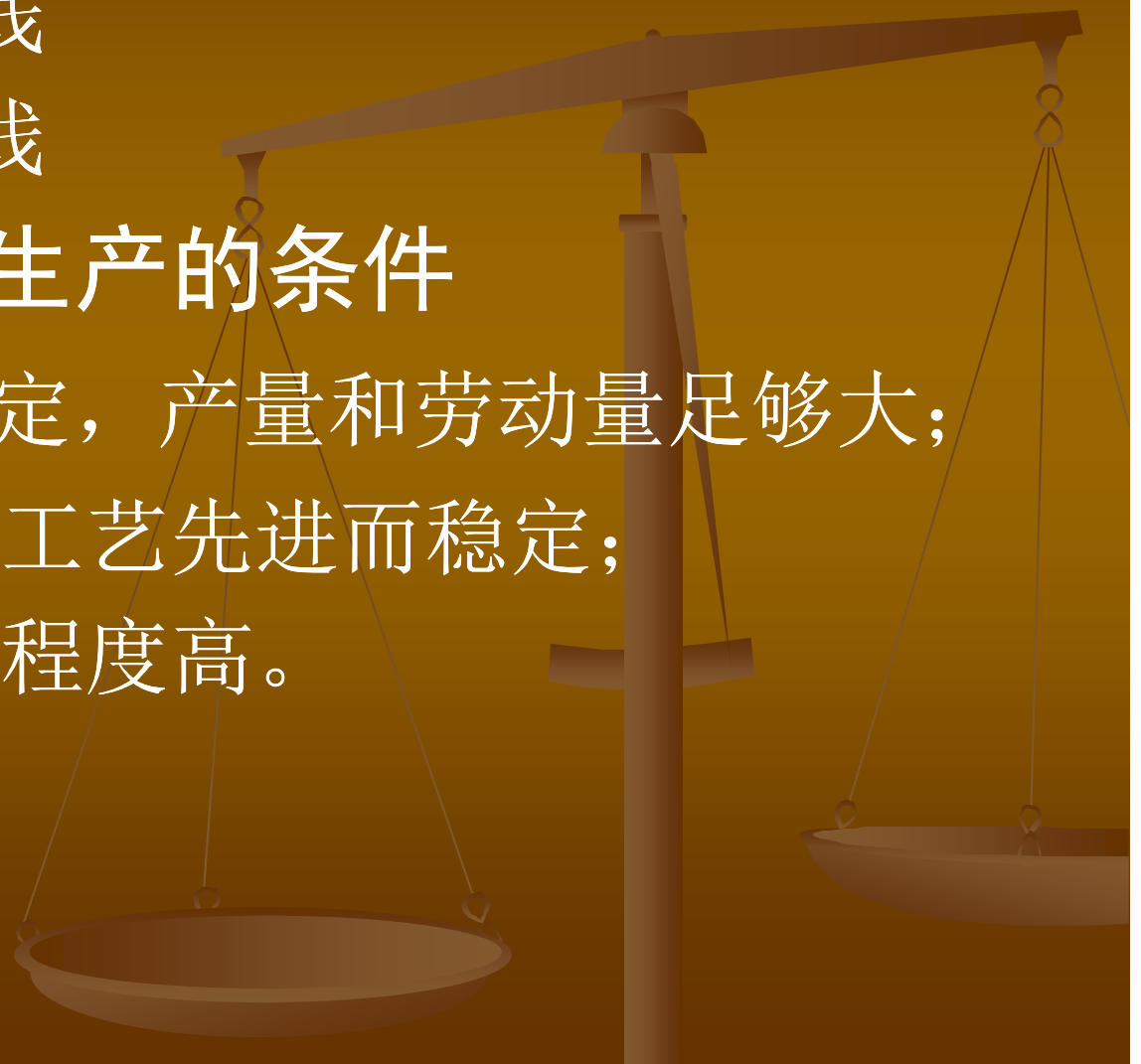
- 自动式流水线

- 四、组织流水生产的条件

- 1) 产品需求稳定，产量和劳动量足够大；

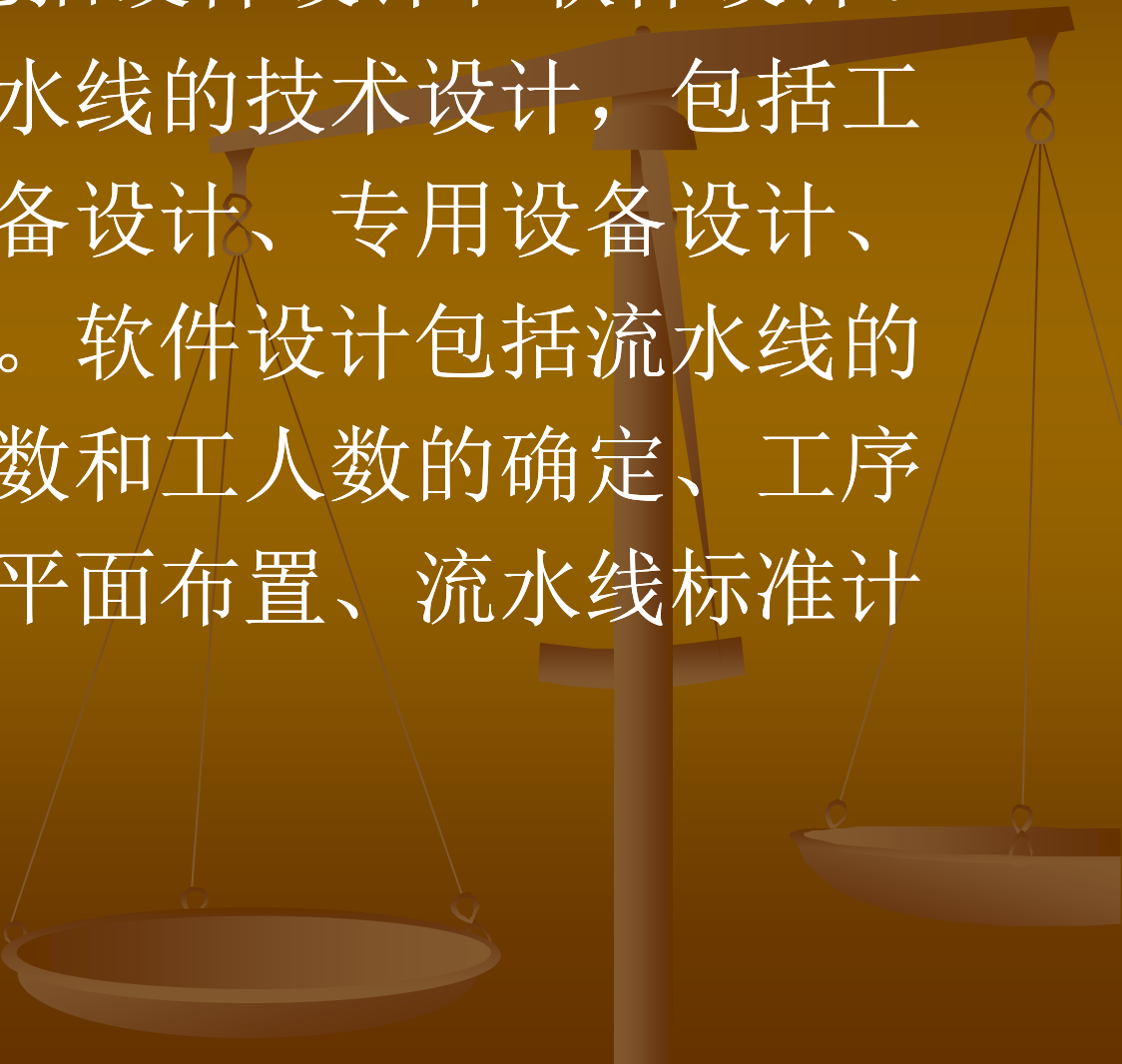
- 2) 产品结构和工艺先进而稳定；

- 3) 产品标准化程度高。



第二节 单对象流水线组织设计

流水线设计包括硬件设计和软件设计。硬件设计是指流水线的技术设计，包括工艺设计、工艺装备设计、专用设备设计、运输装置设计等。软件设计包括流水线的节拍确定、设备数和工人数的确定、工序同期化、流水线平面布置、流水线标准计划图表。



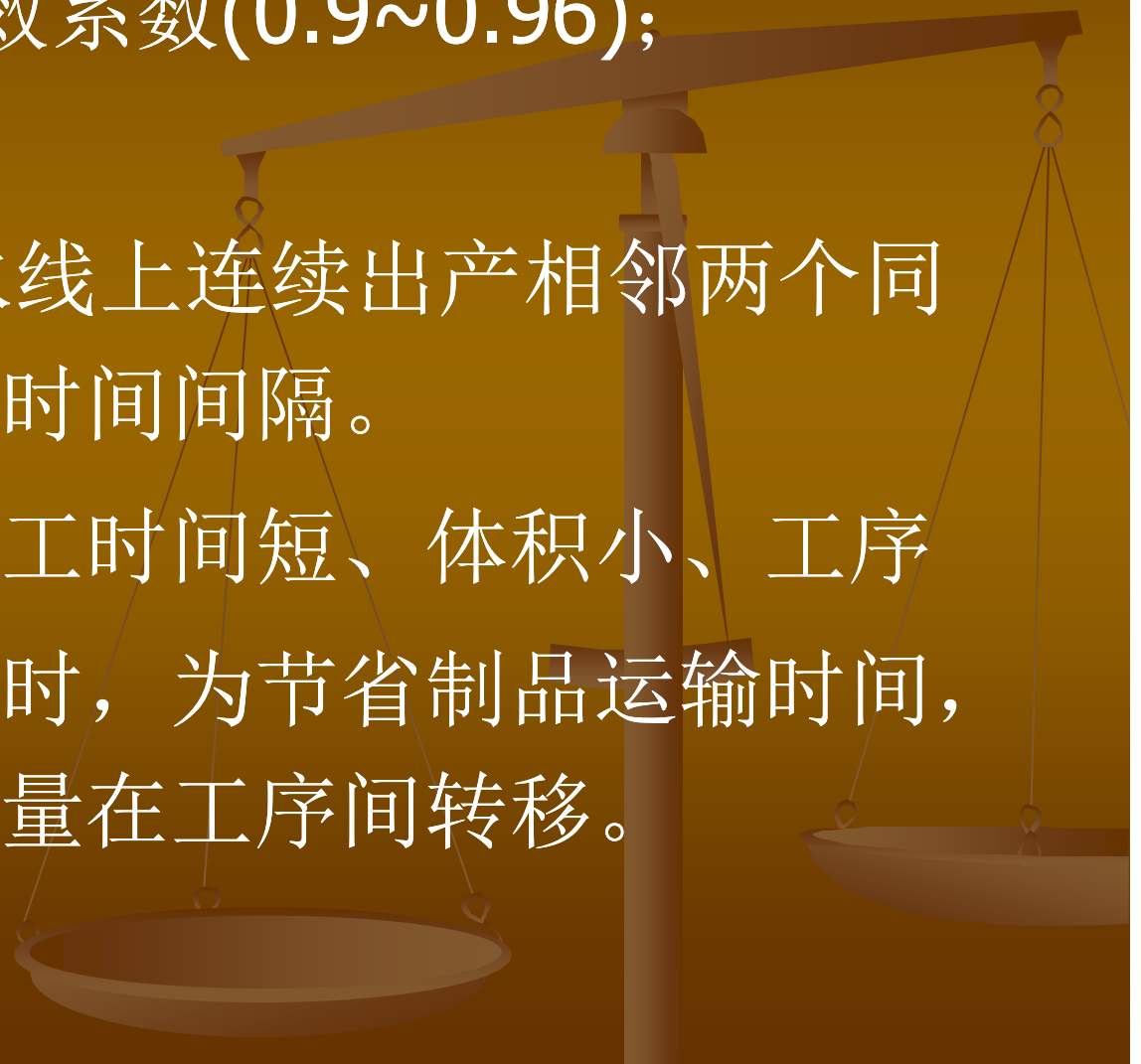
■ 一、单对象流水线组织设计

■ 1、确定流水生产节拍(r)

- 节拍是指流水线上连续出产相邻两件同种制品的时间间隔。节拍是决定流水线硬件和软件设计的重要参数，同决定了流水线的生产速度和生产能力。用如下公式计算：

$$r = \frac{F_e}{N} = \frac{F_0 \eta}{N}$$

- F_e = 计划期有效工作时间;
- F_o = 计划期制度工作时间;
- η = 时间利用有效系数(0.9~0.96);
- N = 计划期产量;
- 节奏(R): 流水线上连续出产相邻两个同种制品运输批的时间间隔。
- 当制品的单件加工时间短、体积小、工序之间的距离较大时, 为节省制品运输时间, 而采用按一定批量在工序间转移。



- $R = r \times n'$

- n' = 转移批量。

- 2、确定流水线及各工序设备数和负荷率

- 设 S_i = i 工序需要的设备数(工作地数),

$$S_i = \frac{t_i}{r}$$

- 2、计算工序和流水线设备负荷率:

- 当 S_i 不为整数时，必须进行取整，即：
- $S_{ei} = [S_i]$ ， $[]$ =取整号，取大于和接近于 S_i 的整数。当实取设备数不等于计算的设备数时，还须计算工序的设备负荷率：

$$k_i = \frac{S_i}{S_{ei}}$$

- 设工序数为 m ，则流水线总的负荷率：

$$k_{\alpha} = \sum_{i=1}^m S_i / \sum_{i=1}^m S_{ei}$$

设备负荷率，决定了流水线运行过程的连续程度，当 $k_d=0.85\sim 1.05$ 时，可组织连续流水线，而当 k_d 小于0.85时，应重新进行工序同期化，若经过同期化， k_d 仍然小于0.85，0.75-0.85一般组织间断流水线。

3、工序同期化

工序同期化就是通过技术组织措施来调整流水线各工序的时间，使其与节拍相等或与节拍成整数倍。

工序同期化是流水生产组织设计的重要一环，同期化程度的高低，决定了流水线的负荷率和连续程度

■ 设备加工为主的同期化措施

1) 对影响同期化的关键工序，可通过设备和工装的改进、加工工艺的改造等手段和措施加予实现。

2) 加大切削用量、减少加工工时；

3) 改进工作地布置和操作方法，减少辅助时间。

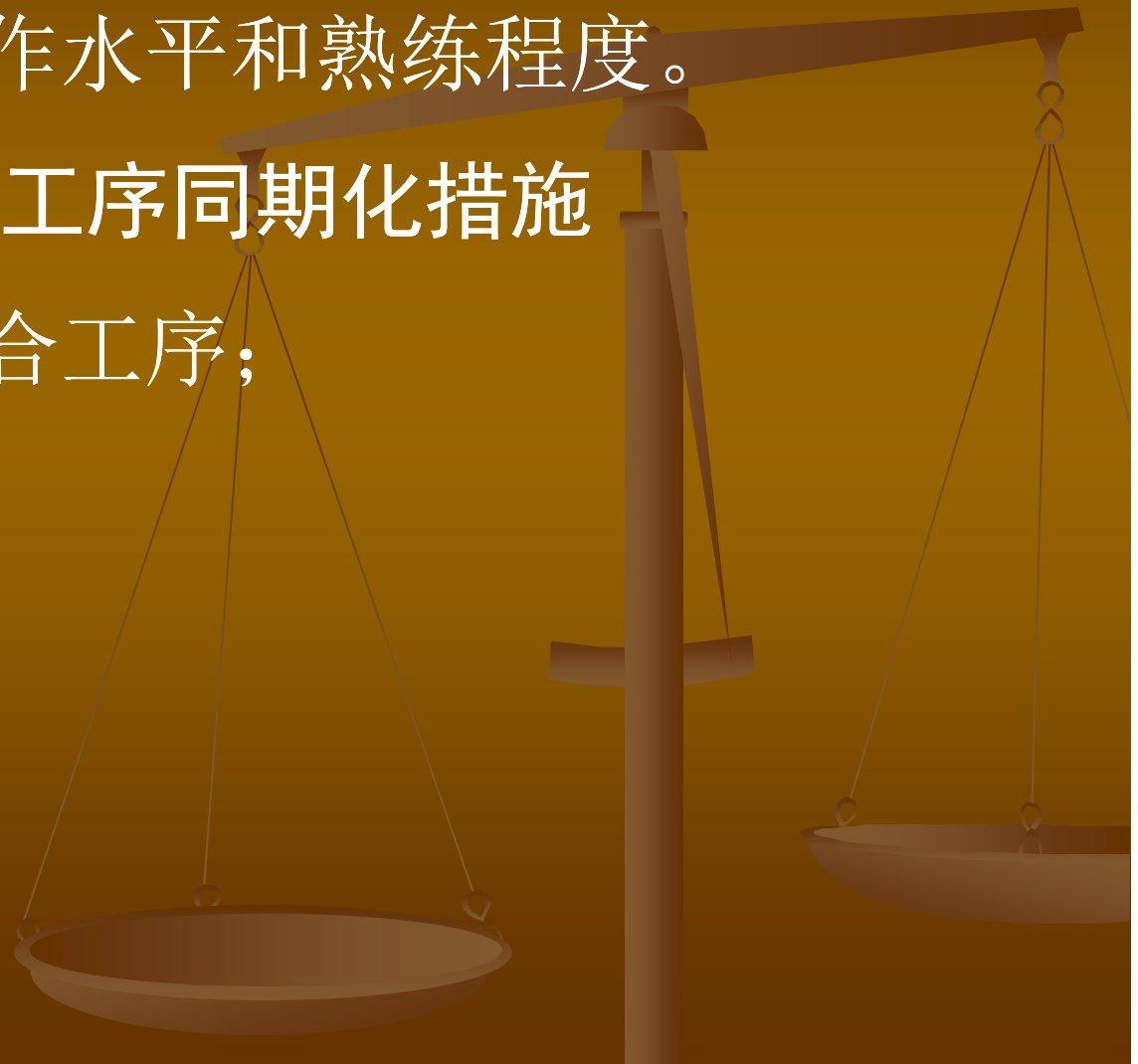
4) 提高工人的操作水平和熟练程度。

■ 手工操作为主的工序同期化措施

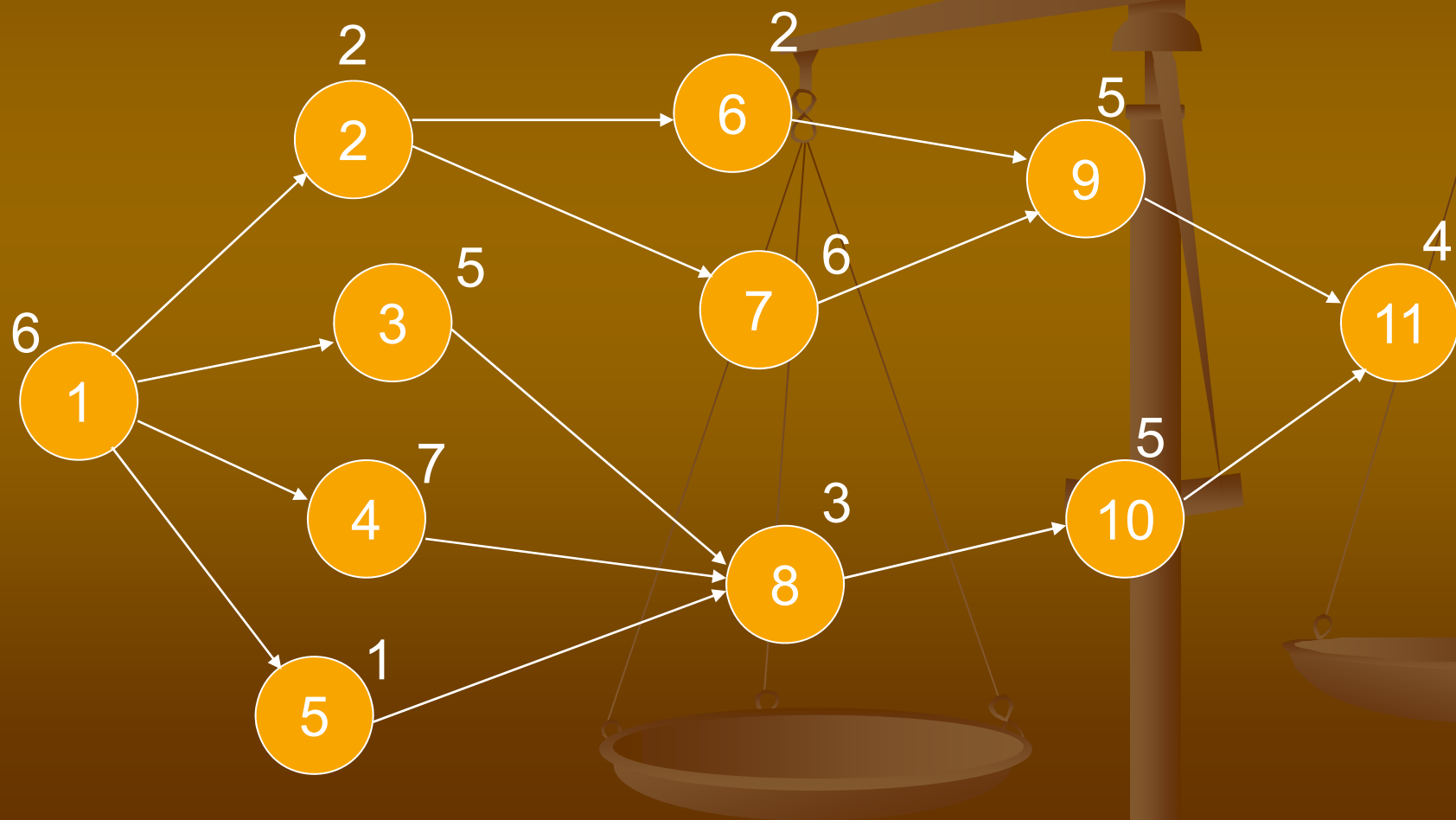
1) 重新分解和组合工序；

2) 合理调配工人；

3) 采用高效工具；



- 组织工序同期化的方法
- 例：某产品的生产节拍为10分钟，其装配工作可分为11个工步，各工步的时间定额和工步顺序如下图所示：



■ 重组工序原则:

- 1) 组合工序的工时不大于节拍;
- 2) 组合工序内的工步符合工步顺序原则;

步骤: 1) 列出所有可能作为第*i*工序的工步组合方案;

2) 求出各编组方案后剩余时间可能组成的最少工作地数;

$$S_{ki} = i + \left[\frac{T - \sum_{x=1}^i t_x}{r} \right]$$

S_{ki} = 第*i*工序, 第*K*编组方案的可能最少工作地数;

T = 工步时间总和; t_i = 第一组合工序时间;

[] = 取整号;

3) 当工序编组方案有多个时, 取 $\min\{S_{ki}\}$ 方案为分支节点;

4) 当 $\min\{S_{ki}\}$ 有多个时, 取组合工序时间最大的方案, 作为分枝节点;

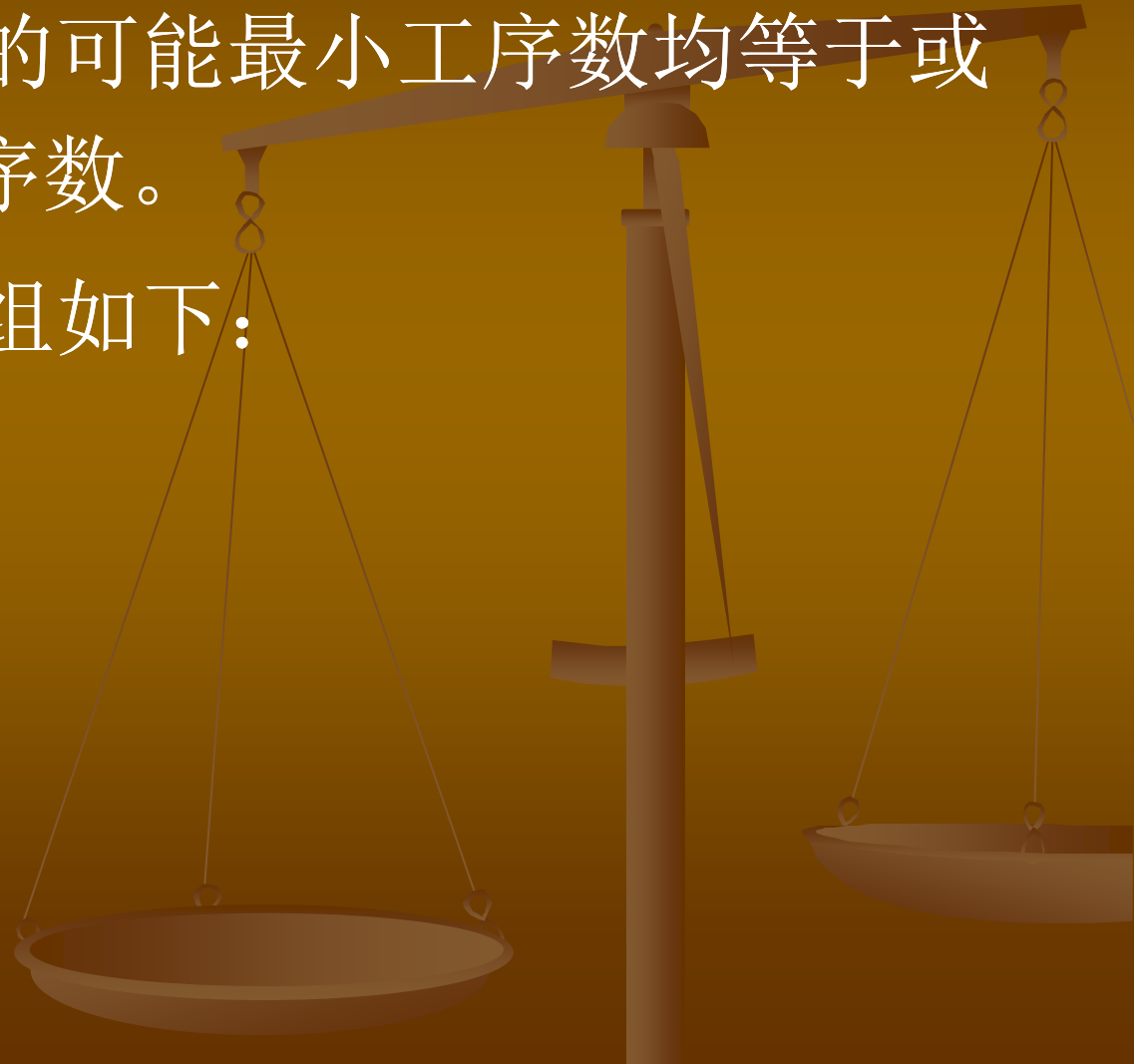
5) 从剩余工步中列出可作为下道工序的所有工步编组方案, 并计算最小可能工序数值:

6) 以上过程重复进行, 直到所有工步组合完。

从最后一个节点向前回溯，寻求且可能工序数更小的未分支的节点，进行分支。

直至找到所有节点的可能最小工序数均等于或大于现有最小工序数。

对上例进行工步重组如下：



■ 第一组合工序

■ 方案1: 1、2、5; $S_{11}=[1+(46-9)/10]=5$;

■ 方案2: 1、2、6; $S_{12}=[1+(46-10)/10]=5$;

■ 最小工作地数相同, 选组合工时最大的方案, 即(1、2、6)为第一组合工序, 从该方案进行节点分枝, 列出第二组合工序的所有方案:

■ 第二组合工序

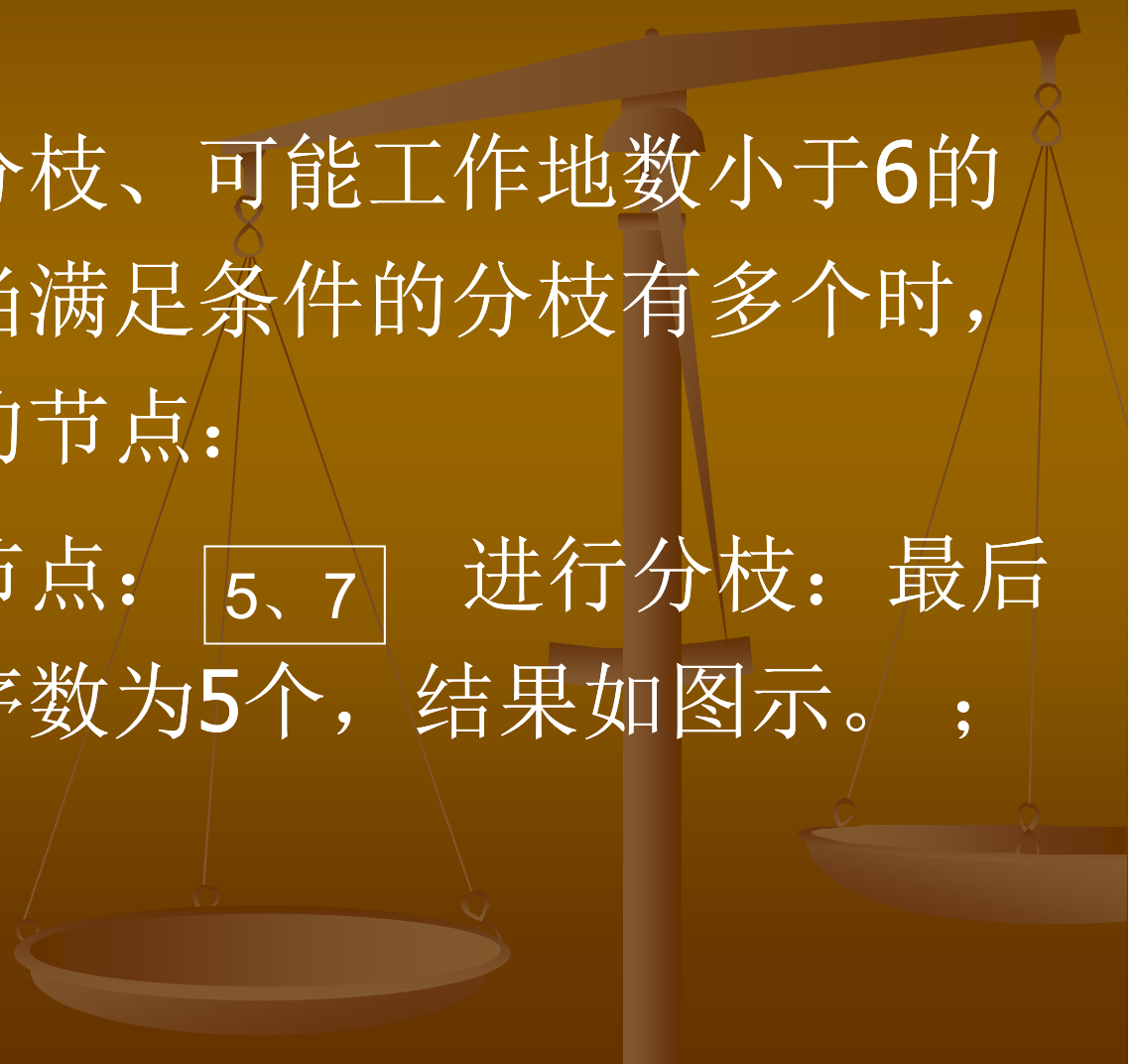
■ 方案1: 3、5; $S_{21}=[2+(46-10-6)/10]=5$;

■ 方案2: 4、5; $S_{22}=[2+(46-10-8)/10]=5$

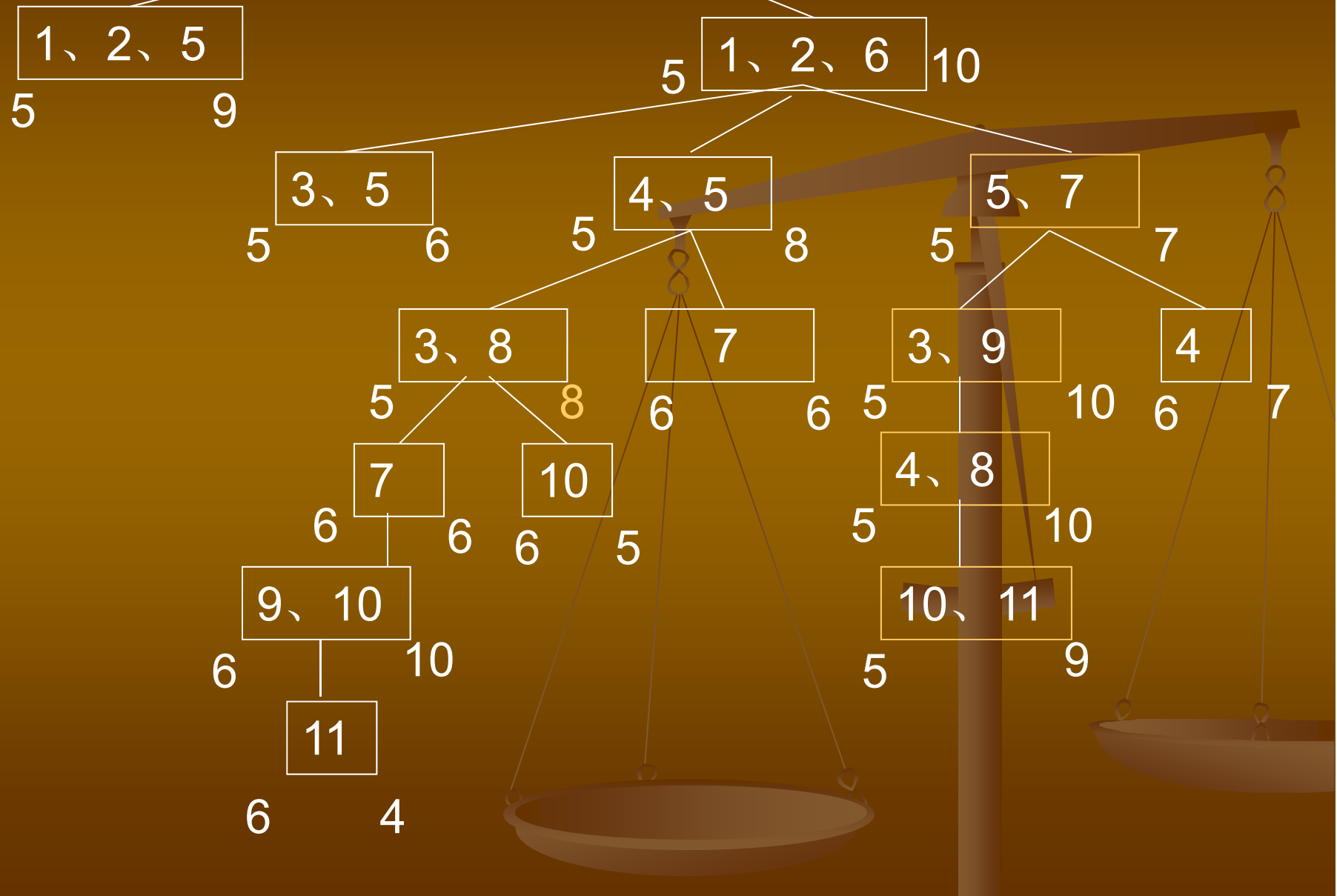
■ 方案3: 5、7; $S_{23}=[2+(46-10-7)/10]=5$

- 最小可能工作地数相等，取组合工序工时最大方案：4、5；以其为分枝节点，进入第三工序组合。
- 第三组合工序：
 - 方案1：3、8； $S_{31}=[3+(46-10-6-8)/10]=5$;
 - 方案2：7； $S_{32}=[3+(46-10-6-6)/10]=6$;
 - 取方案：3、8分枝：
- 第四组合工序：
 - 方案1：7； $S_{41}=[4+(46-10-10-6-8-6)/10]=6$;
 - 方案2：11； $S_{42}=[4+(46-10-10-6-8-5)/10]=6$;
- 第五组合工序：
 - $S_{51}=[5+(46-10-10-6-8-6-10)/10]=6$

- 第六组合工序：11
- 至此全部工步一组合完，得到共6道工序组合方案。
- 回溯，寻找未被分枝、可能工作地数小于6的节点进行分枝；当满足条件的分枝有多个时，取组合时间最大的节点：
- 按上述条件，取节点：5、7 进行分枝：最后得到最小可能工序数为5个，结果如图示。；



全部工步



■ 4、计算流水线所需配备的工人数

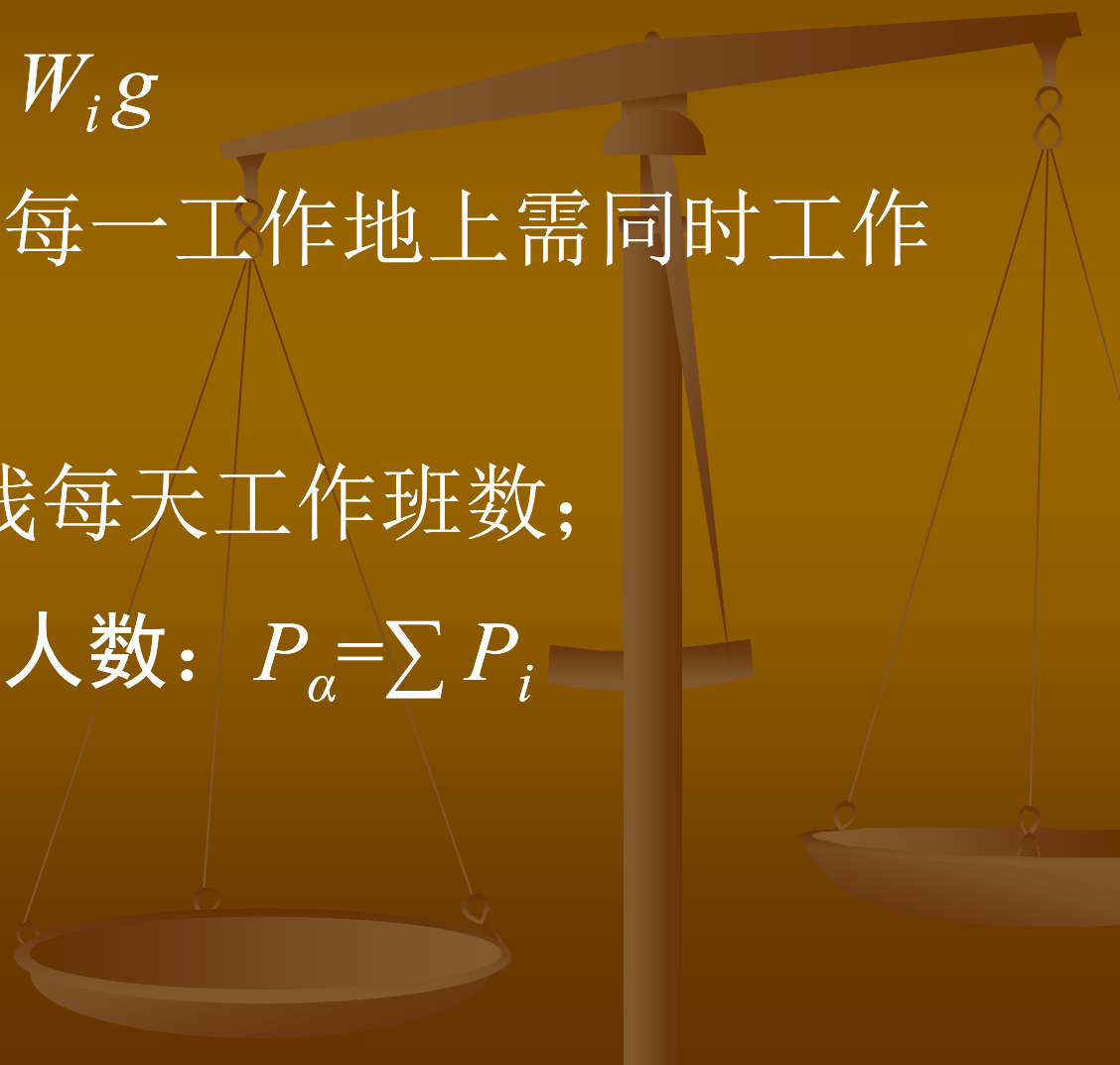
■ 手工操作流水线， i 工序上所需的工人数：

■
$$P_i = S_{ei} W_i g$$

■ 其中： $W_i = i$ 工序每一工作地上需同时工作的人数；

■ $g =$ 流水线每天工作班数；

■ 整条流水线所需人数： $P_{\alpha} = \sum P_i$



■ 设备加工为主的流水线:

$$p_{\alpha} = (1 + b) \sum_{i=1}^m \frac{s_{ei} g}{f_i}$$

- b = 流水线后备工人的百分比;
- f_i = i 工序工人的看管定额;
- 5) 确定运输方式和装置
- 强制节拍流水线—由机械装置实现节拍:
 - 连续式工作传送带;
 - 脉动式工作传送带;
 - 分配式工作传送带;

- **自由节拍：**连续式运输带；滚道、滑道、平板运输车，这类运输装置容许工序间储存一定的在制品；

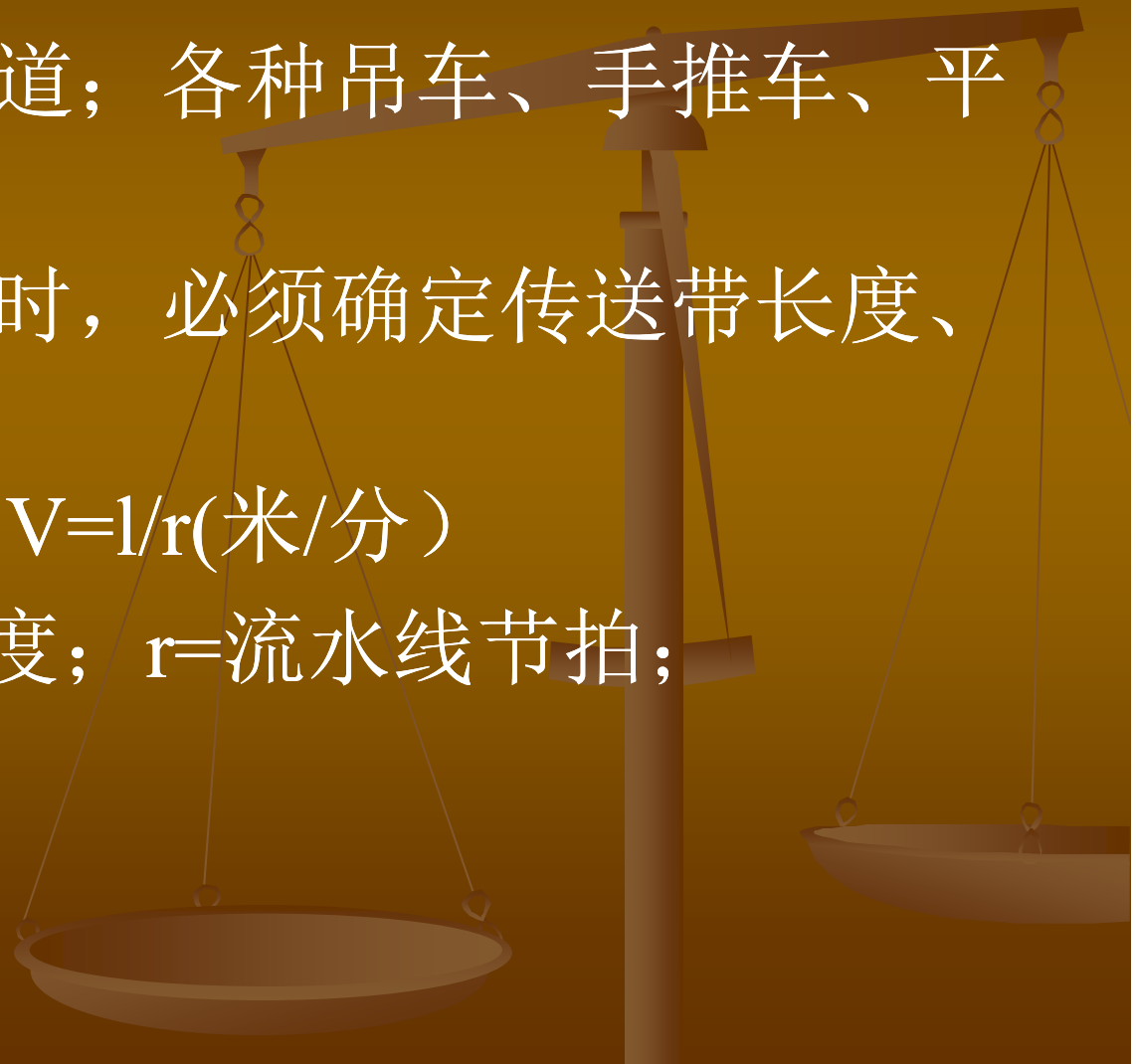
- **粗略节拍：**重力滑道；各种吊车、手推车、平板车等。

- 当采用传送带运输时，必须确定传送带长度、速度：

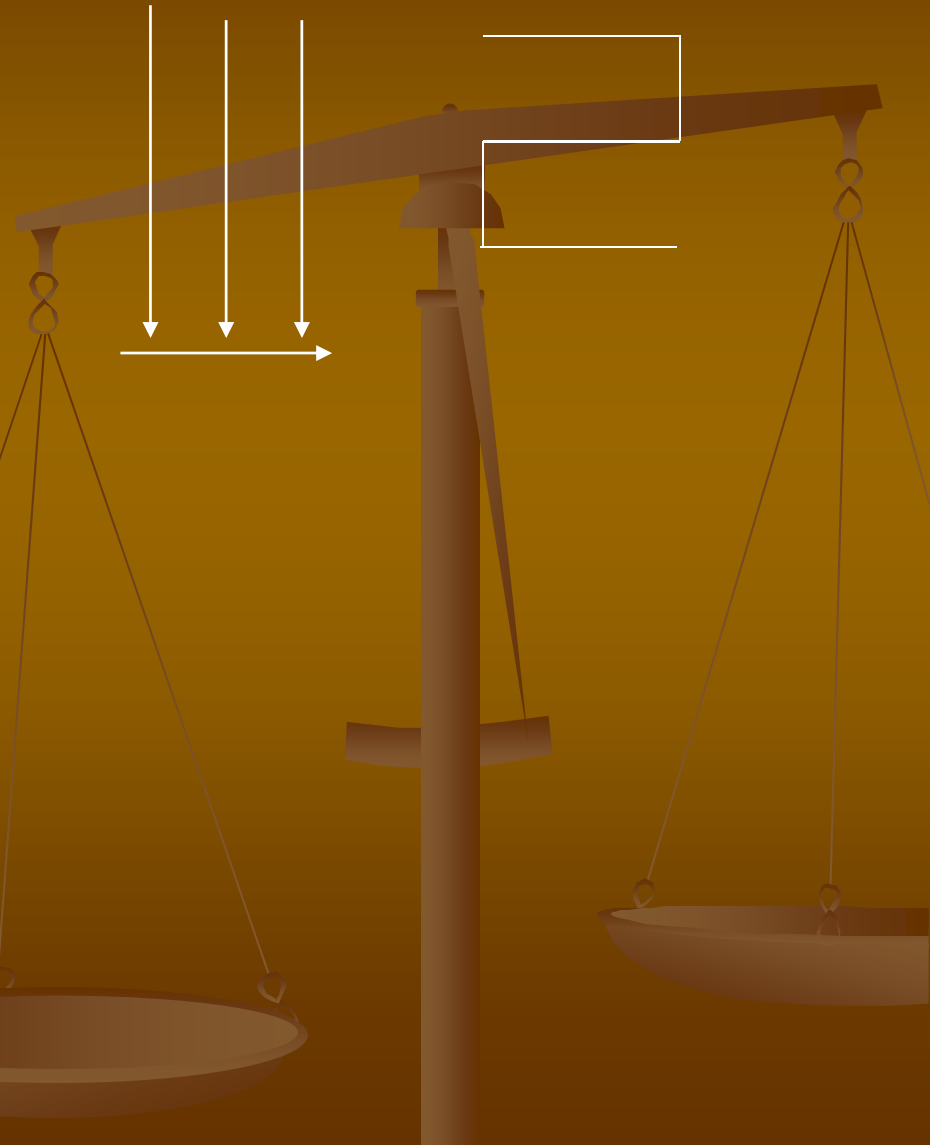
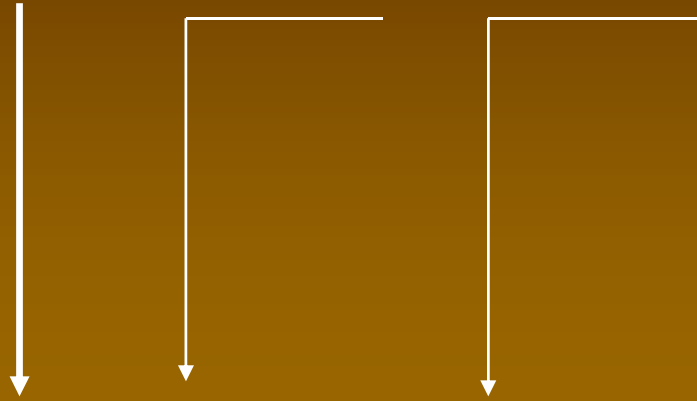
- 传送带速度： $V=l/r$ (米/分)

- l =分区单位长度； r =流水线节拍；

- $L=2(L_1+L_2)$



■ 6) 流水线平面布置:



■ 流水线整体布置形状

■ 7) 流水线标准工作指示图表

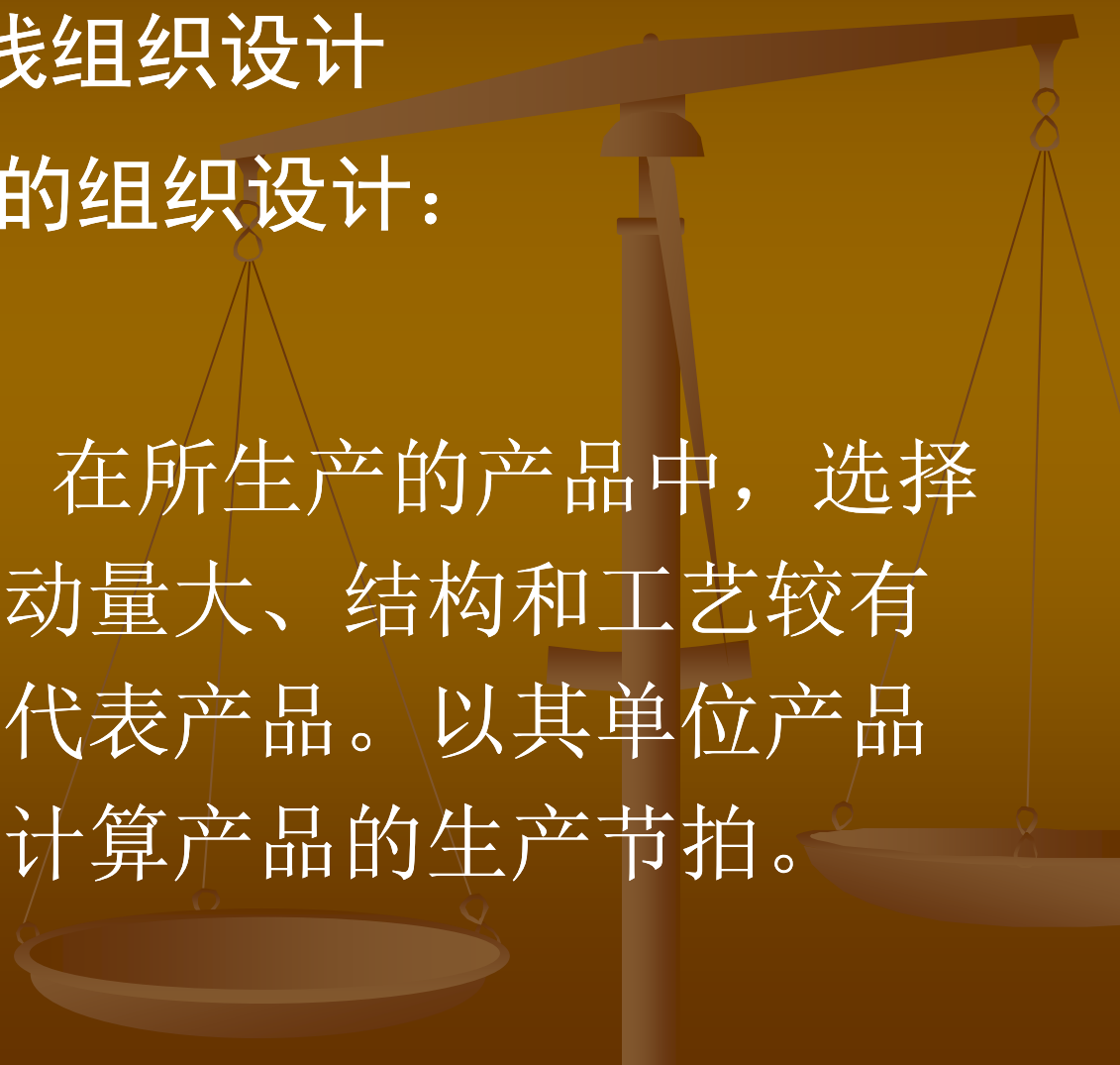
- 规定工作起止时间，统一休息时刻；

■ 2、多对象流水线组织设计

■ 1) 可变流水线的组织设计：

■ (1) 计算节拍：

- 代表产品法：在所生产的产品中，选择一种产量大、劳动量大、结构和工艺较有代表性的产品为代表产品。以其单位产品劳动量为代表来计算产品的生产节拍。



- 例：某可变流水线上生产A、B、C三种产品，其计划月产量分别为2000、1875、1857件，每种产品在流水线上各工序单件作业时间之和分别为40、32、28分，流水线两班制工作，每月有效工作时间为24000分，试确定可变流水线上各种产品的生产节拍。（设A为代表产品）。

1) 以代表产品表示的产量：

$$\begin{aligned} Q &= Q_A + Q_B \epsilon_B + Q_C \epsilon_C \\ &= 2000 + 1875 \times 32/40 + 1857 \times 28/40 \\ &= 4800(\text{件}) \end{aligned}$$

- $\varepsilon_i = t_i / t_{\text{代表}_i};$
- 2) 求代表产品的节拍:
 - $r_A = 24000 / 4800 = 5 (\text{分/件});$
- 3) 求其它产品的节拍:
 - $r_B = r_A \varepsilon_B = 5 \times (32/40) = 4 (\text{分/件});$
 - $r_C = r_A \varepsilon_C = 5 \times (28/40) = 3.5 (\text{分/件});$
- ** 时间分配法:
 - 1) 求各产品劳动量比重:

$$\alpha_A = \frac{Q_A t_A}{\sum_{i=1}^n Q_i t_i}; \quad \alpha_B = \frac{Q_B t_B}{\sum_{i=1}^n Q_i t_i}; \quad \alpha_C = \frac{Q_C t_C}{\sum_{i=1}^n Q_i t_i}$$

- 2) 分配各产品占用有效工作时间:

$$F_A = \alpha_A F_e; \quad F_B = \alpha_B F_e; \quad F_C = \alpha_C F_e;$$

- 3) 计算各产品节拍:

$$r_A = \frac{F_A}{N_A}; \quad r_B = \frac{F_B}{N_B}; \quad r_C = \frac{F_C}{N_C}$$

- 仍用上例计算各产品劳动量比重

$$\alpha_A = \frac{2000 \times 40}{2000 \times 40 + 1875 \times 32 + 1857 \times 28} = 0.4167$$

$$\alpha_B = \frac{1875 \times 32}{2000 \times 40 + 1875 \times 32 + 1857 \times 28} = 0.3125$$

$$\alpha_C = \frac{1857 \times 28}{2000 \times 40 + 1875 \times 32 + 1857 \times 28} = 0.2708$$

■ 计算各产品节拍:

$$r_A = \frac{24000 \times 0.4167}{2000} = 5(\text{分钟});$$

$$r_B = \frac{1875 \times 0.3125}{2000} = 4(\text{分钟});$$

$$r_C = \frac{1857 \times 0.2708}{2000} = 3.5(\text{分钟});$$

■ (2) 确定工序设备数及计算设备负荷率

j 工序所需设备数: $S_j = \max \{S_{i,j}\}$

$$i = 1, \dots, n; \quad j = 1, \dots, m;$$

其中: $S_{i,j} = \frac{t_{i,j}}{r_i};$

j 工序设备负荷率: $\eta_j = \frac{\sum Q_i t_{i,j}}{S_j F_e}$

■ 2) 混合流水线组织设计

■ (1) 计算混合流水线平均节拍:

$$R = \frac{F_e}{\sum_{i=1}^n Q_i} \quad n = \text{产品品种数};$$

- 例：某混合流水线上生产A、B、C三种产品，计划其产量分别为3000，2000，1000件，计划起作业时间为12000分钟，其平均节拍为：

$$R = 12000 / (3000 + 2000 + 1000) = 2 (\text{分/件})$$

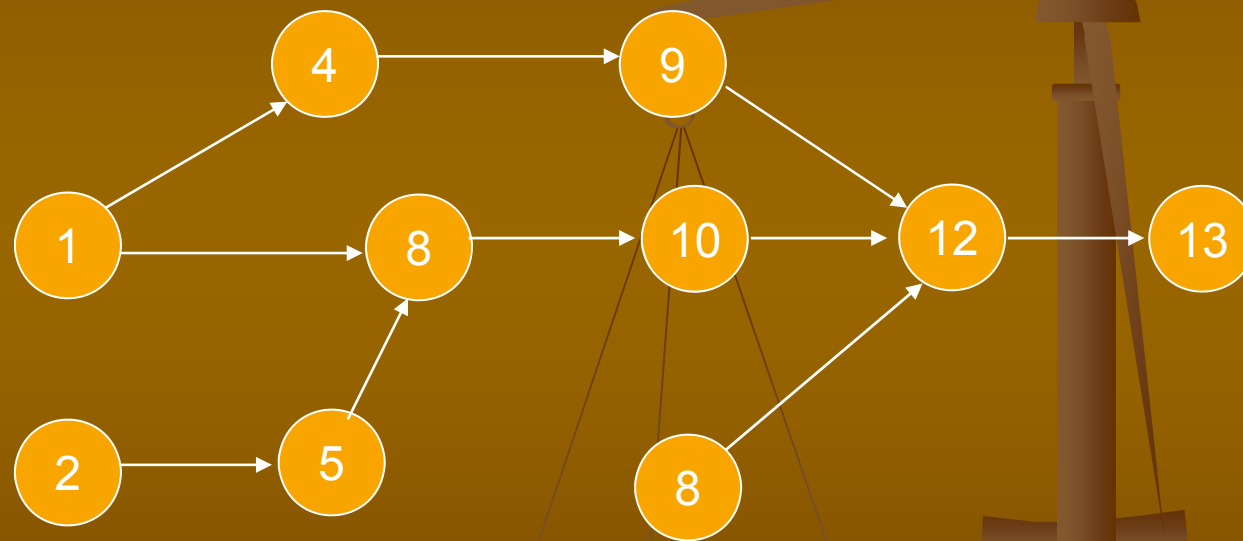
- (2) 计算流水线最小可能工作地数:
- 计算流水线在计划期内的总劳动量:

$$L = \sum_{i=1}^p Q t_i$$

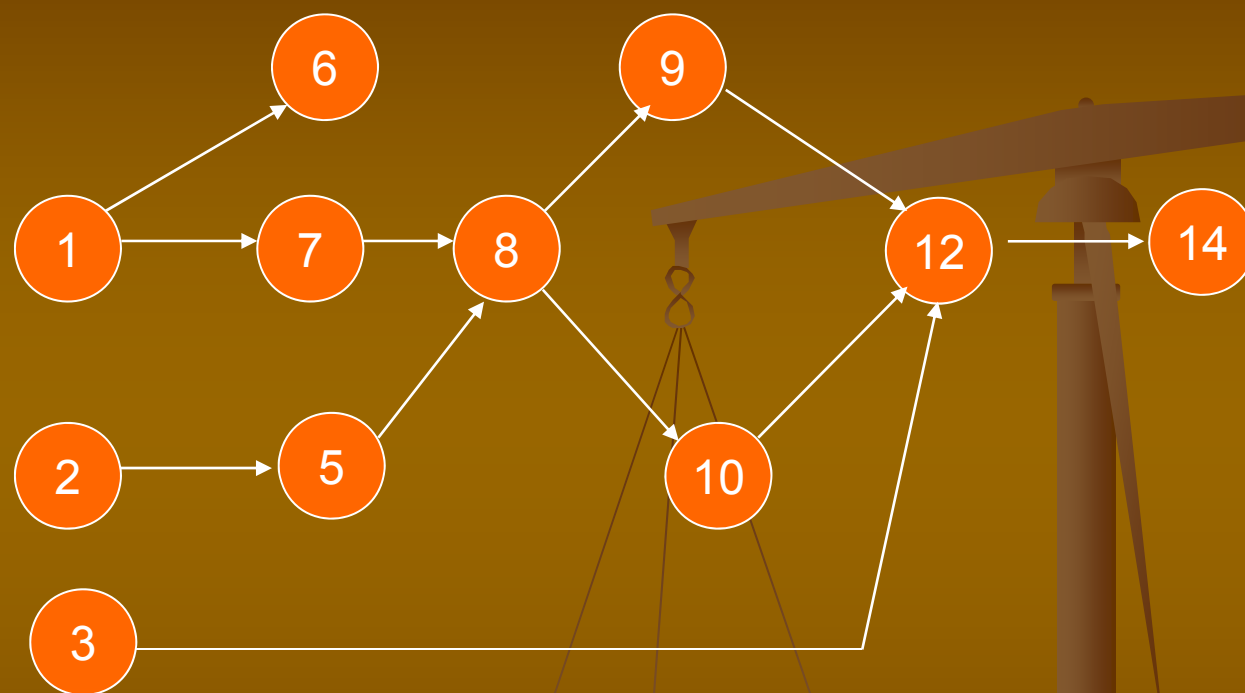
- 计算流水线可能的最小工作地数:

$$\min S = \left[\frac{L}{F_e} \right] = \left[\frac{\sum_{i=1}^p Q_i t_i}{R \sum_{i=1}^p Q_i} \right]$$

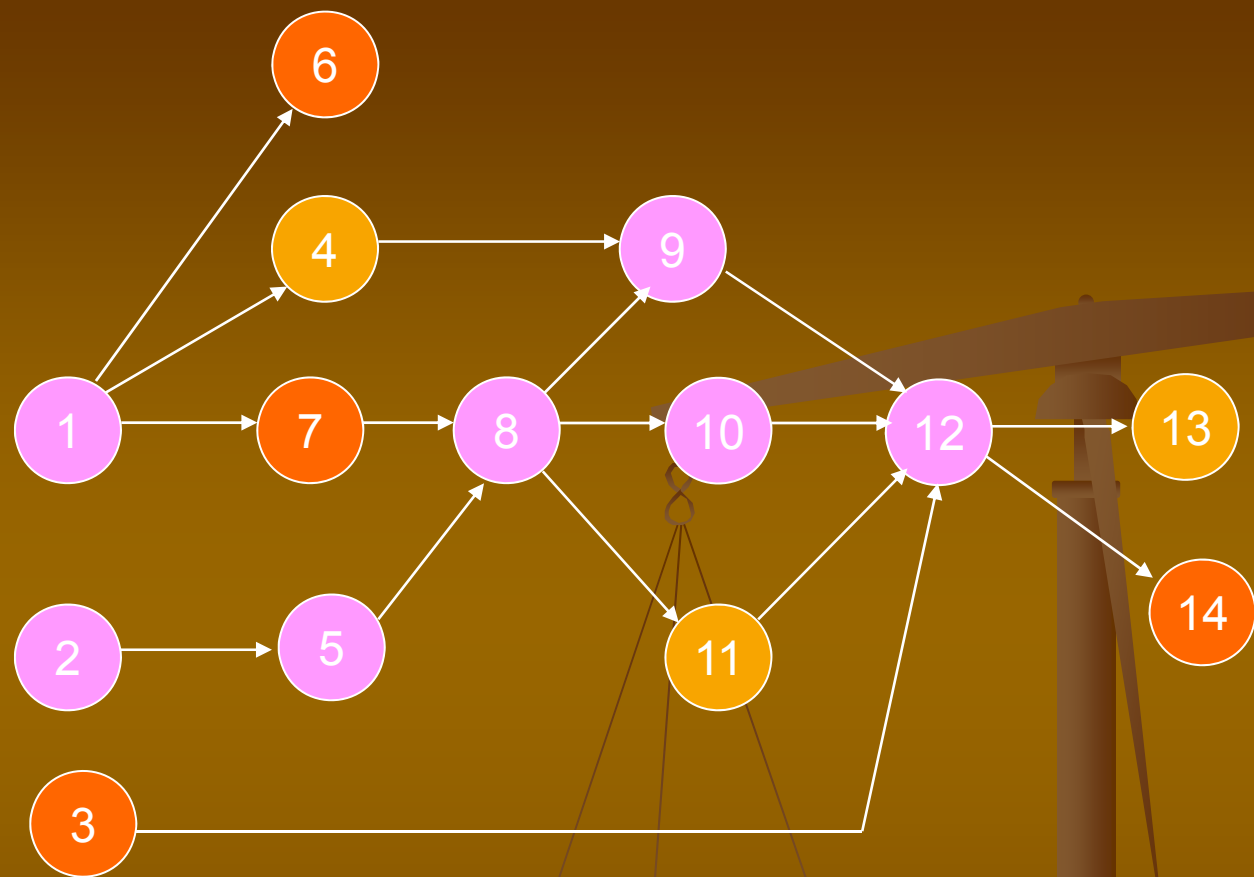
- (3) 绘制综合工艺路线图
- 包含所有产品工艺路线的综合工艺路线。



■ A产品工艺路线图



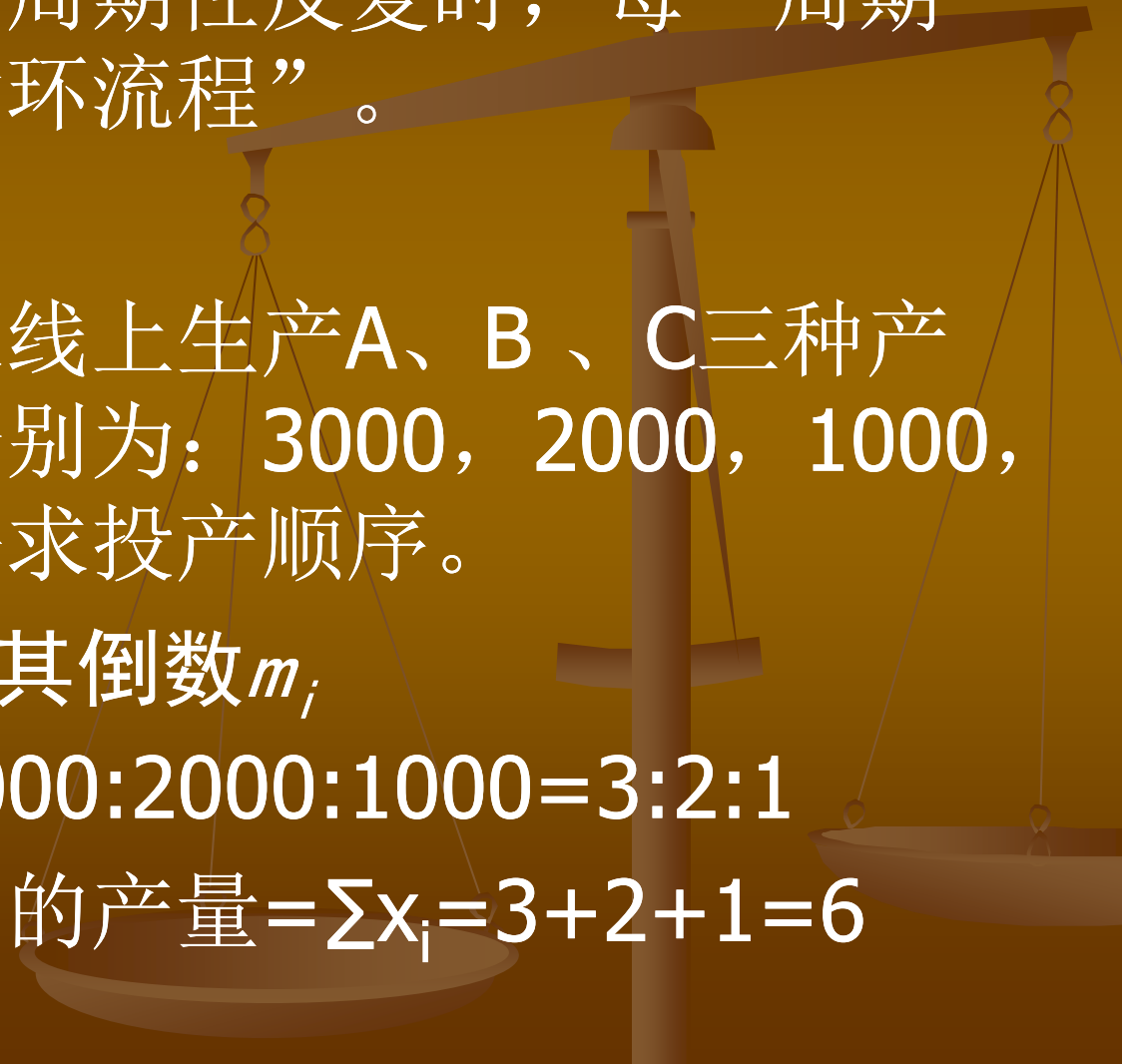
■ B产品工艺路线图

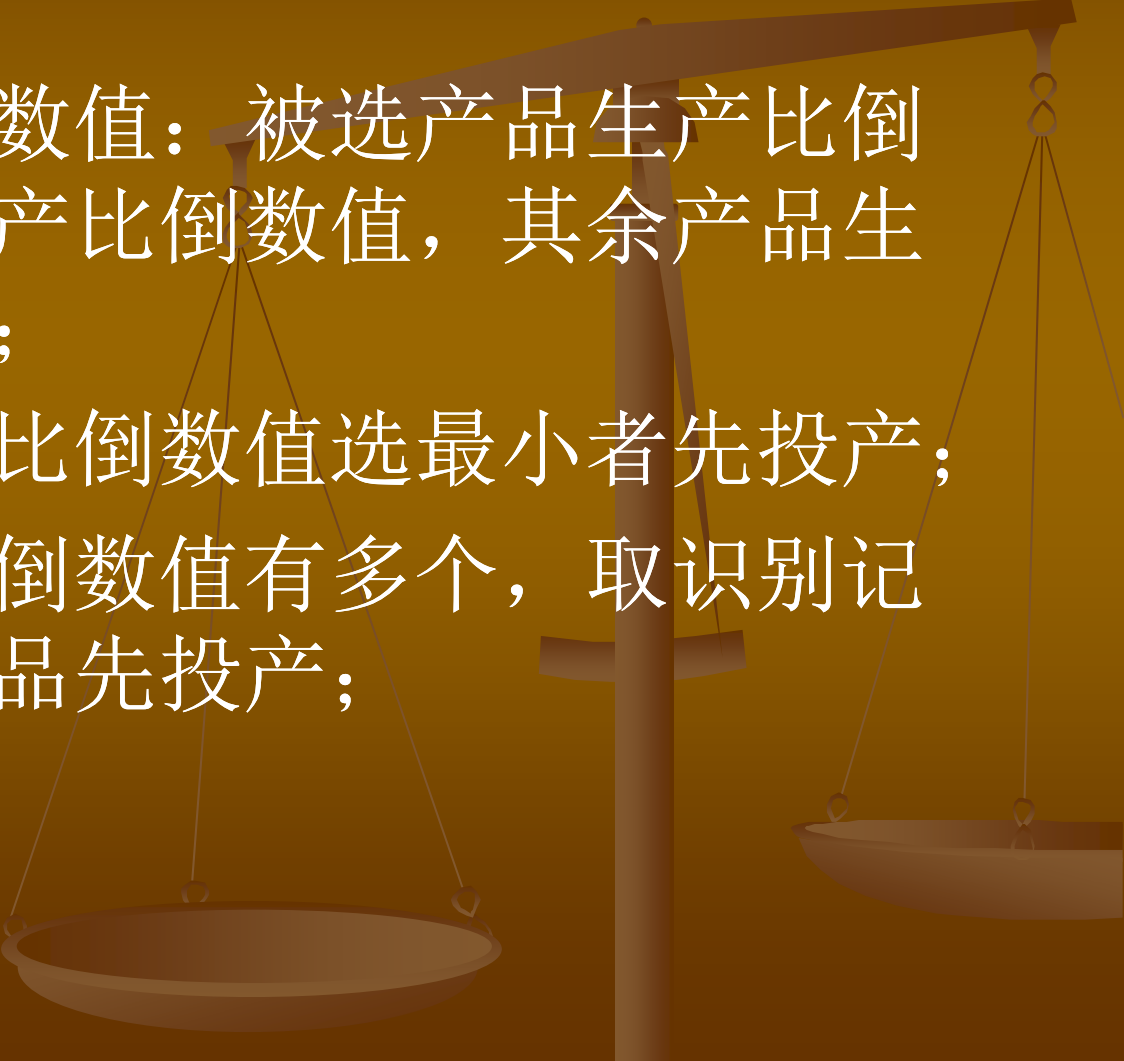


■ 产品综合工艺顺序图

- (4) 混合流水线的平衡(工步组合)
- 单一对象流水线按节拍进行工步组合，而混合流水线要按每一工序在计划期承担的劳动量和计划期有效工作时间进行平衡。
- 组合工序的原则：符合工艺顺序；组合工序年工作量不大于年有效工作时间；

$$L_i = \sum_{i=1}^p Q_i t_{i,j}$$

- 
- (5) 确定各产品投产顺序
 - 混合流水线上产品的投产顺序称为“连锁”，当连锁按周期性反复时，每一周期的连锁称为“循环流程”。
 - 生产比倒数法：
 - 例：某混合流水线上生产A、B、C三种产品，计划产量分别为：3000，2000，1000，用生产比倒数法求投产顺序。
 - 计算生产比 x_i 及其倒数 m_i
 - $x_a : x_b : x_c = 3000 : 2000 : 1000 = 3 : 2 : 1$
 - 一个循环流程内的产量 $= \sum x_i = 3 + 2 + 1 = 6$

- 
- 步骤:
 - ①取生产比倒数数值最小者先投产，对被选产品进行标识；
 - ②更新生产比倒数数值：被选产品生产比倒数数值加上其原生产比倒数数值，其余产品生产比倒数数值不变；
 - ③按更新的生产比倒数数值选最小者先投产；
 - ④当最小生产比倒数数值有多个，取识别记号较晚出现的产品先投产；

- $m_a = 1/3$; $m_b = 1/2$; $m_c = 1$
- 确定循环流程内的投产顺序

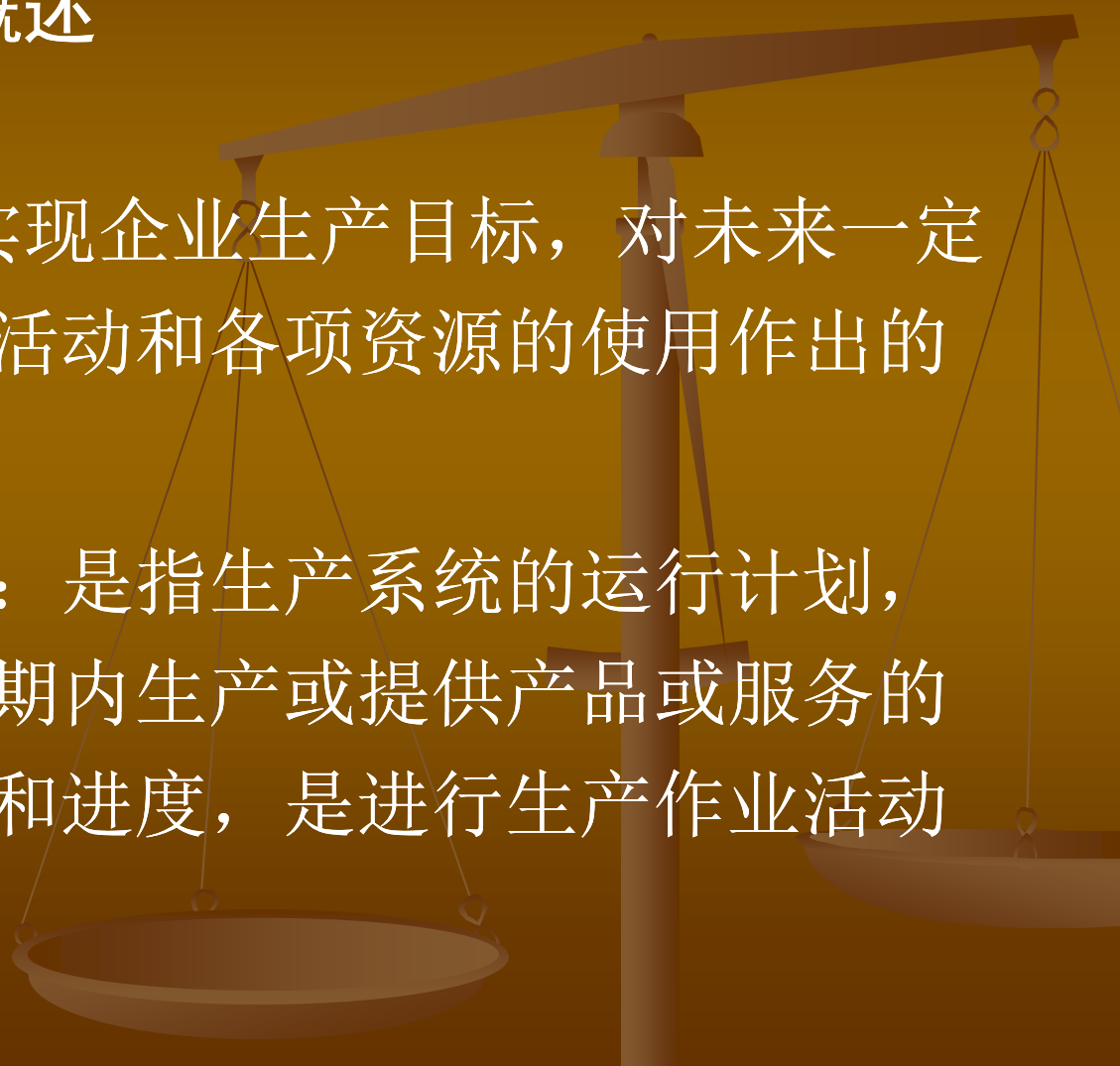
步骤	产品品种			投产顺序 (连锁)
	A	B	C	
1	1/3*	1/2	1	A
2	2/3	1/2*	1	AB
3	2/3*	1	1	ABA
4	1	1*	1	ABAB
5	1*	-	1	ABABA
6	-	-	1*	ABABAC

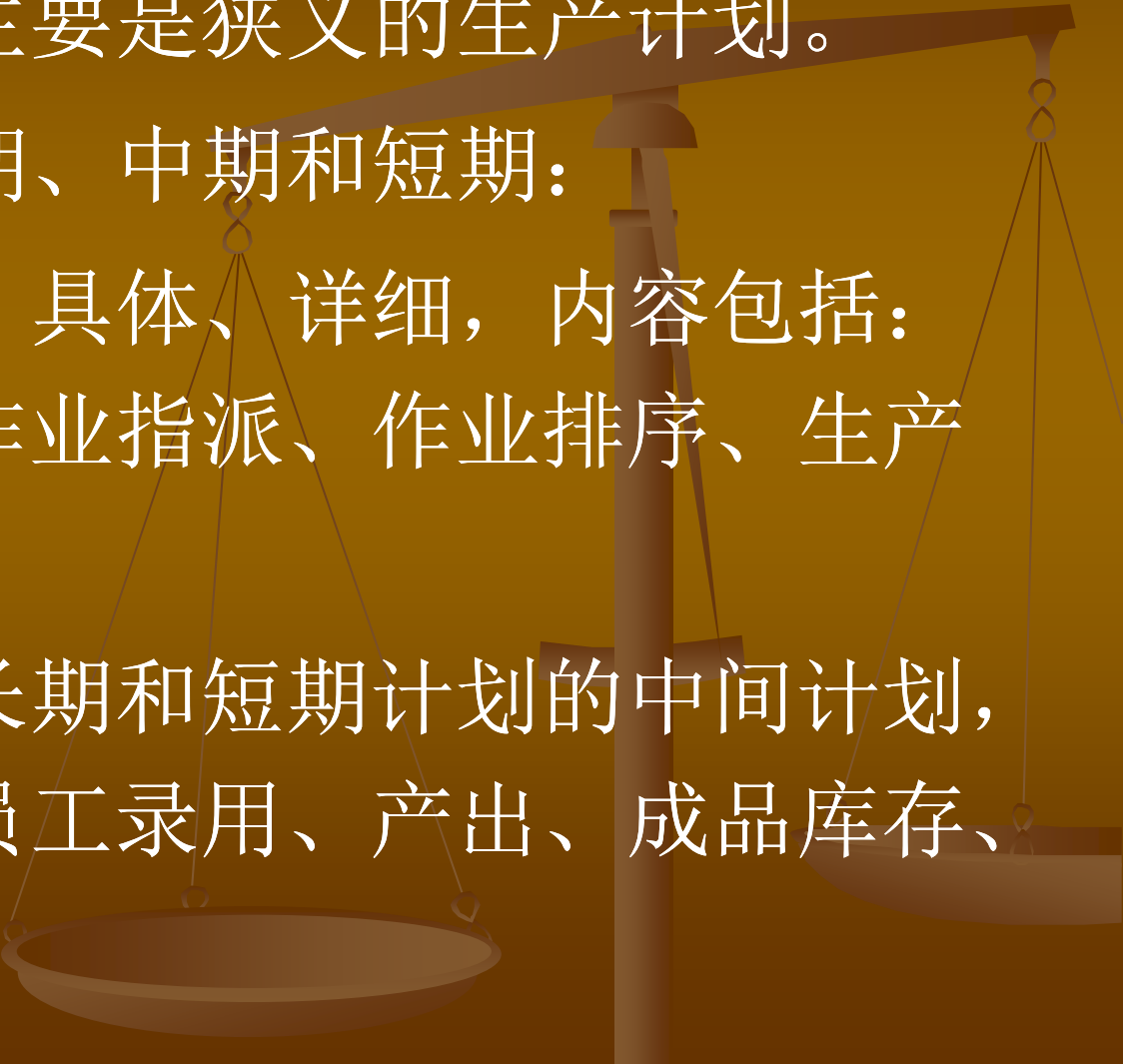
第五章 生产计划 (Production Plan)

■ 第一节 生产计划概述

■ 一、生产计划体系

- 生产计划是为实现企业生产目标，对未来一定时期内的生产作业活动和各项资源的使用作出的统筹安排。
- 狭义生产计划概念：是指生产系统的运行计划，计划规定了一定时期内生产或提供产品或服务的品种、质量、产量和进度，是进行生产作业活动的纲领和依据。



- 
- **广义生产计划：**指包括生产系统的建立和运行的计划。
 - 本课程所涉及的主要是狭义的生产计划。
 - 生产计划分为长期、中期和短期：
 - **短期计划，特点：**具体、详细，内容包括：
机器负荷平衡、作业指派、作业排序、生产批量、订购批量；
 - **中期计划：**衔接长期和短期计划的中间计划，
详细程度一般：员工录用、产出、成品库存、
外协(包)；

长期计划：企业的战略性计划。包括：长期生产能力、厂址选择、设施布置、产品发展计划、作业系统设计等。

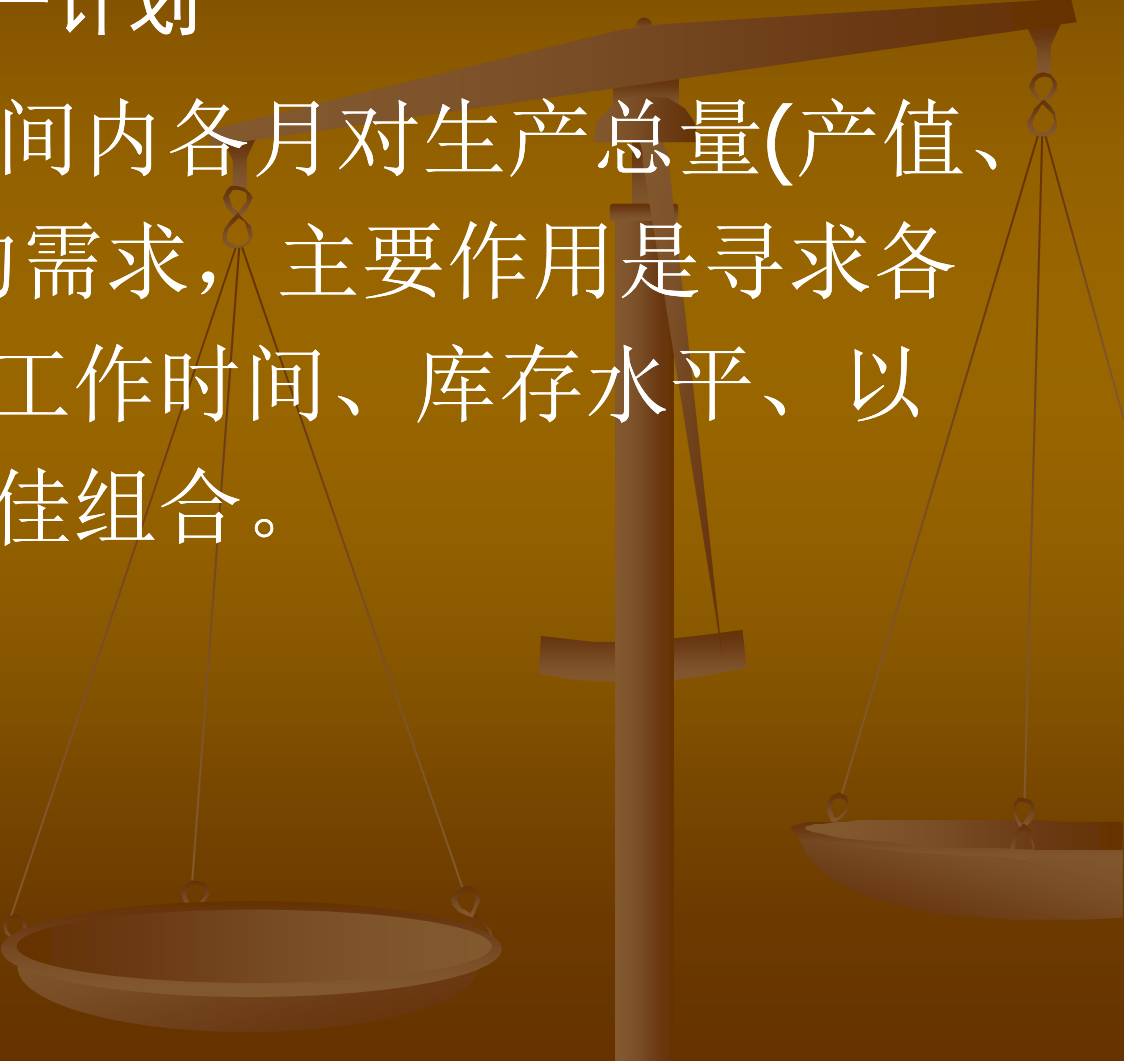
生产计划是根据一定时期的市场需求、考虑企业现有生产能力和资源供应条件，进行综合平衡的结果。

生产计划关系到顾客的满足程度、企业营销计划和财务计划的实现、是企业物资采购、人力资源、成本计划的重要依据。计划是否科学，决定了企业资源的能否得到合理利用，影响到企业的效率和效益。

二、生产计划的内容和形式：

(1) 总量生产计划 (APP-Aggregate Production planning)--年度生产计划

规定一年左右时间内各月对生产总量(产值、综合产量单位)的需求，主要作用是寻求各月的人力水平、工作时间、库存水平、以及外协数量的最佳组合。



(2) 主生产计划(MPS-Master Production Scheduling)—出产进度计划

主生产计划确定具体产品在半年左右时间内每周的出产量，其计划期限为6至8周。

(3) 物料需求计划(MRP-Material requirement planning)

分解MPS中的最终产品或项目，确定产品各级零部件制造或采购的数量、时间以及完工日期。

(4) 投入/产出计划(作业计划)与控制

是关于详细需求的计划和报告，是MRP的具体化，用于指导日常的生产和采购活动。生产控制(Production activity control) 进行每天工作现场活动的具体进度安排和控制；采购计划涉及到对具体采购项目的计划与控制。

三、生产计划的平衡

寻求在需求和能力之间的平衡。尽可能地满足需求，又尽量充分地利用能力，保证计划的可行性和有效性。在编制各种计划时，要确定相应的能力需求。

- (1) 粗能力计划(RCCP- Rough-Cut Capacity Planning)

- 粗能力计划对应于主生产进度计划，用于核实MPS的可行性；他只证实MPS所需的一些主要资源和能力是否具备。

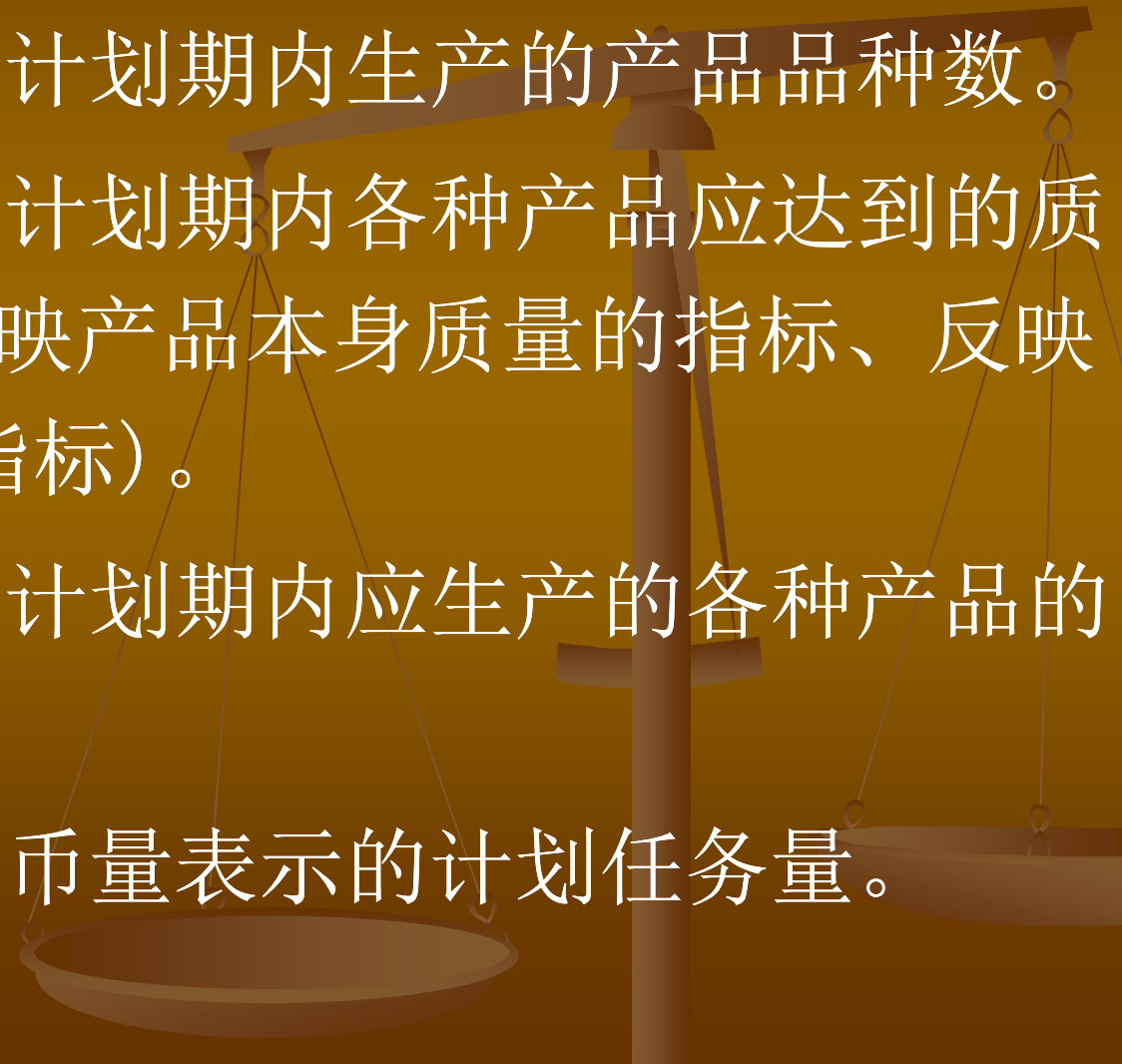
- (2) 能力需求计划(CRP-Capacity Requirement Planning)

- 能力需求计划对应于物料需求计划，用于核实MRP是否可行，对每个加工中心的能力进行细致的计算，并与其可用能力进行比较，他对RCCP的不充分性予以补充。



第二节 生产计划指标及其确定

一、生产计划的主要指标

- 1、产品品种指标。计划期内生产的产品品种数。
 - 2、产品质量指标。计划期内各种产品应达到的质量标准(包括：反映产品本身质量的指标、反映生产过程质量的指标)。
 - 3、产品产量指标。计划期内应生产的各种产品的实物数量。
 - 4、产值指标。用货币量表示的计划任务量。
- 

(1) 商品产值。 以价值型式表示在计划期内出产的可供销售的产品产量和工业性劳务数量。(用现行价计算)。

商品产值 = 自备原材料生产的成品价值 + 外销半成品价值 + 来料加工的加工价值 + 对外承做的工业性劳务价值

(2) 总产值。 以价值型式表示的计划期内应当完成的工作总量(用不变价计算)。

总产值 = 商品产值 + (期末在制品价值 - 期初在制品价值) + 来料加工的来料价值

(3) 净产值。 计划期内新创造的价值。是从工业总产值中扣除各种物料消耗以后的余额。

净产值 = 工业总产值 - 全部物资消耗价值

或： = 工资 + 税金 + 利润 + 企业经营费

二、生产计划指标的平衡

1、计划任务与生产可能性的平衡。

任务与能力平衡；

任务与劳动力平衡；

任务与物资供应平衡；



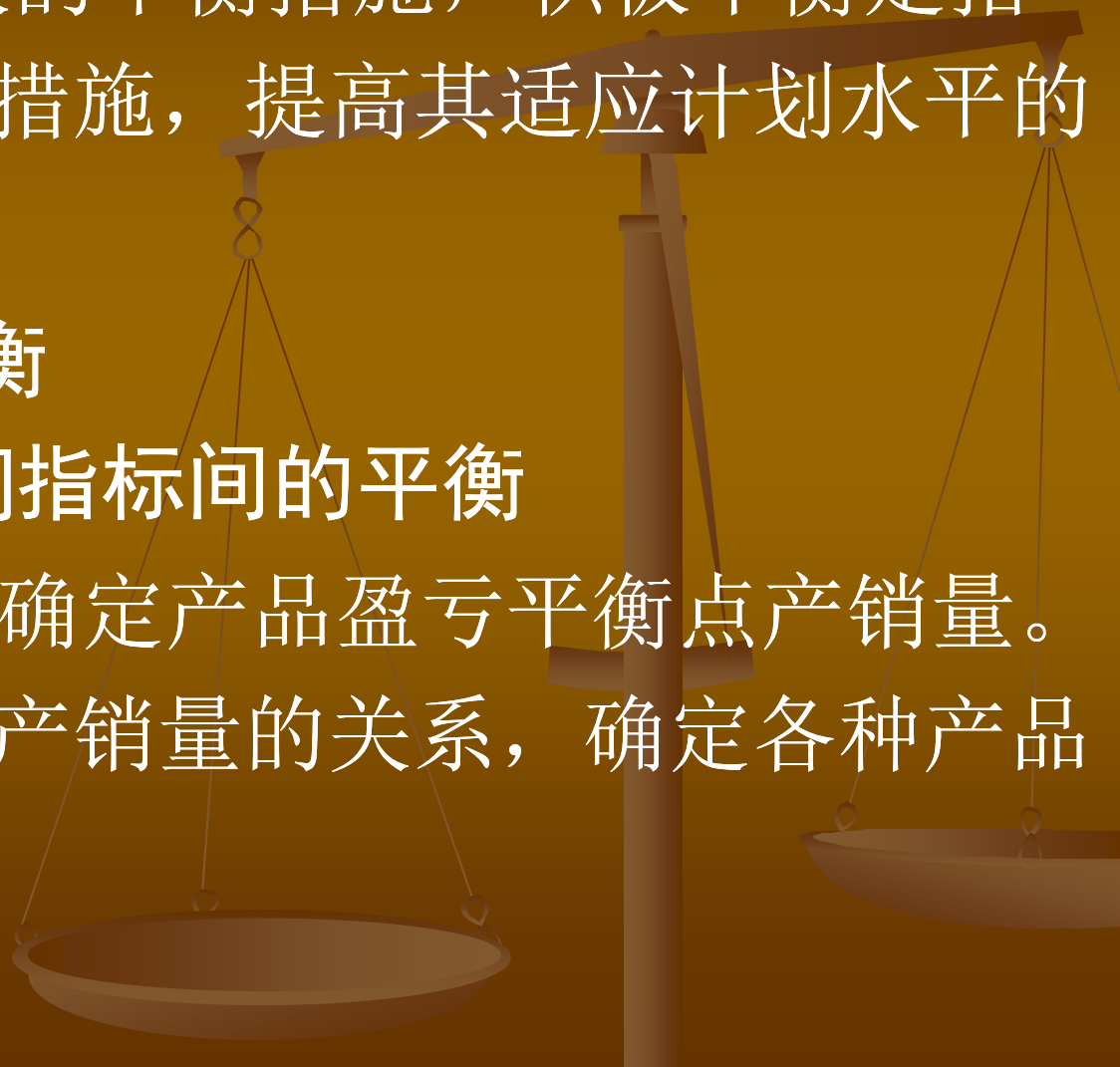
任务与外协件的平衡；
任务与生产技术准备的平衡；

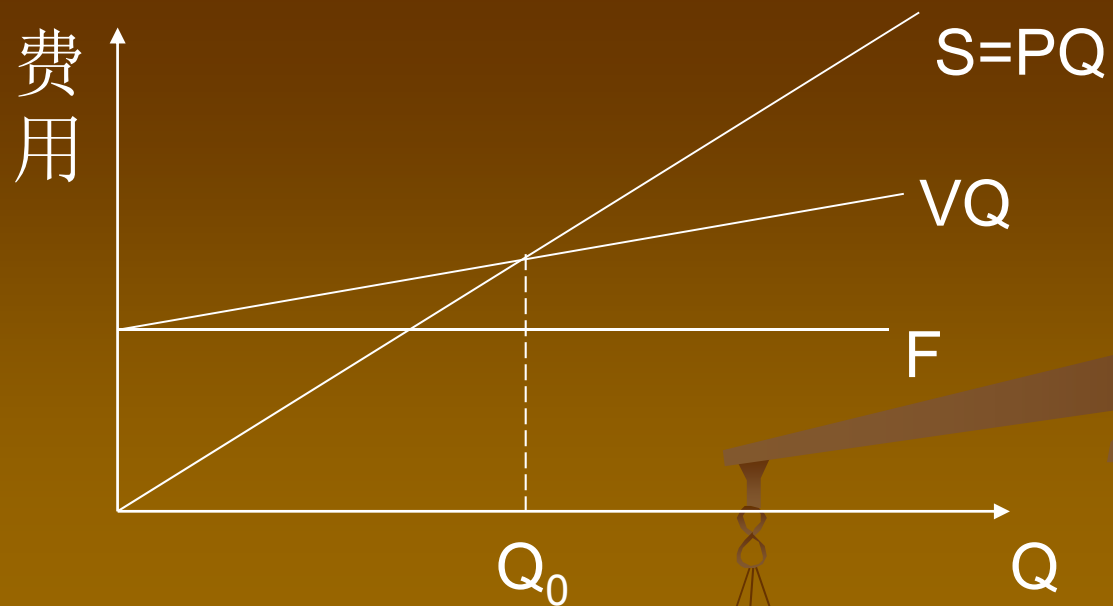
平衡是指积极的平衡措施，积极平衡是指对薄弱环节要采取措施，提高其适应计划水平的程度。

2、计划指标间的平衡

1) 产量指标与利润指标间的平衡

用盈亏平衡分析法确定产品盈亏平衡点产销量。再结合销售收入与产销量的关系，确定各种产品最佳产销量水平。





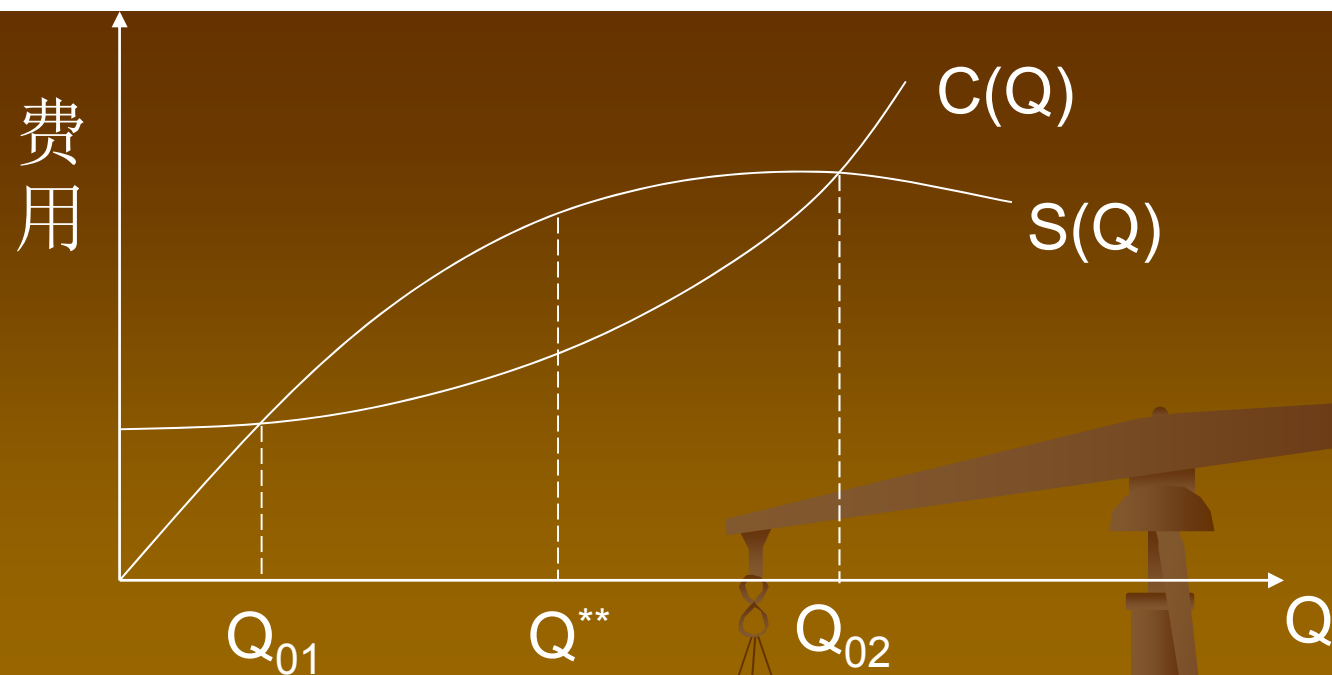
S =销售收入; F =年固定费用; V =单位产品变动费;

Q =年产销量;

年总成本: $C = F + VQ$

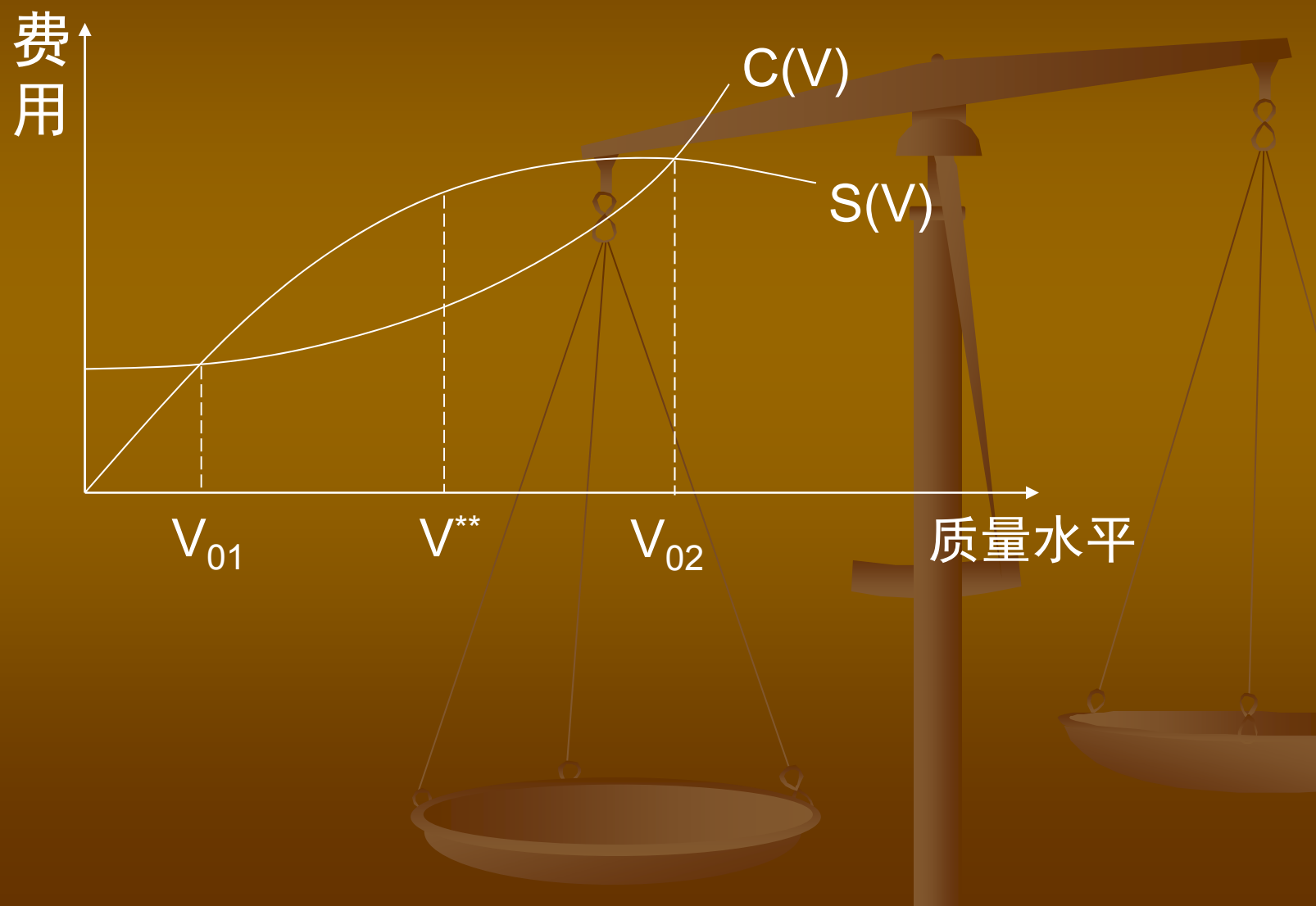
年利润额: $E = S - C = PQ - F - VQ = Q(P - V) - F$;

盈亏平衡点产销量: $Q_0 = F / (P - V)$



随着供需关系的变化，价格将发生变化，一般情况下，为使产销量增加，价格将同步降低，当价格低于一定水平时，随着产销量的提高，销售收入将开始下降，因而出现两个盈亏平衡点。最优的产销量在两盈亏平衡点的中间。

■ 2、质量水平和利润指标间的平衡

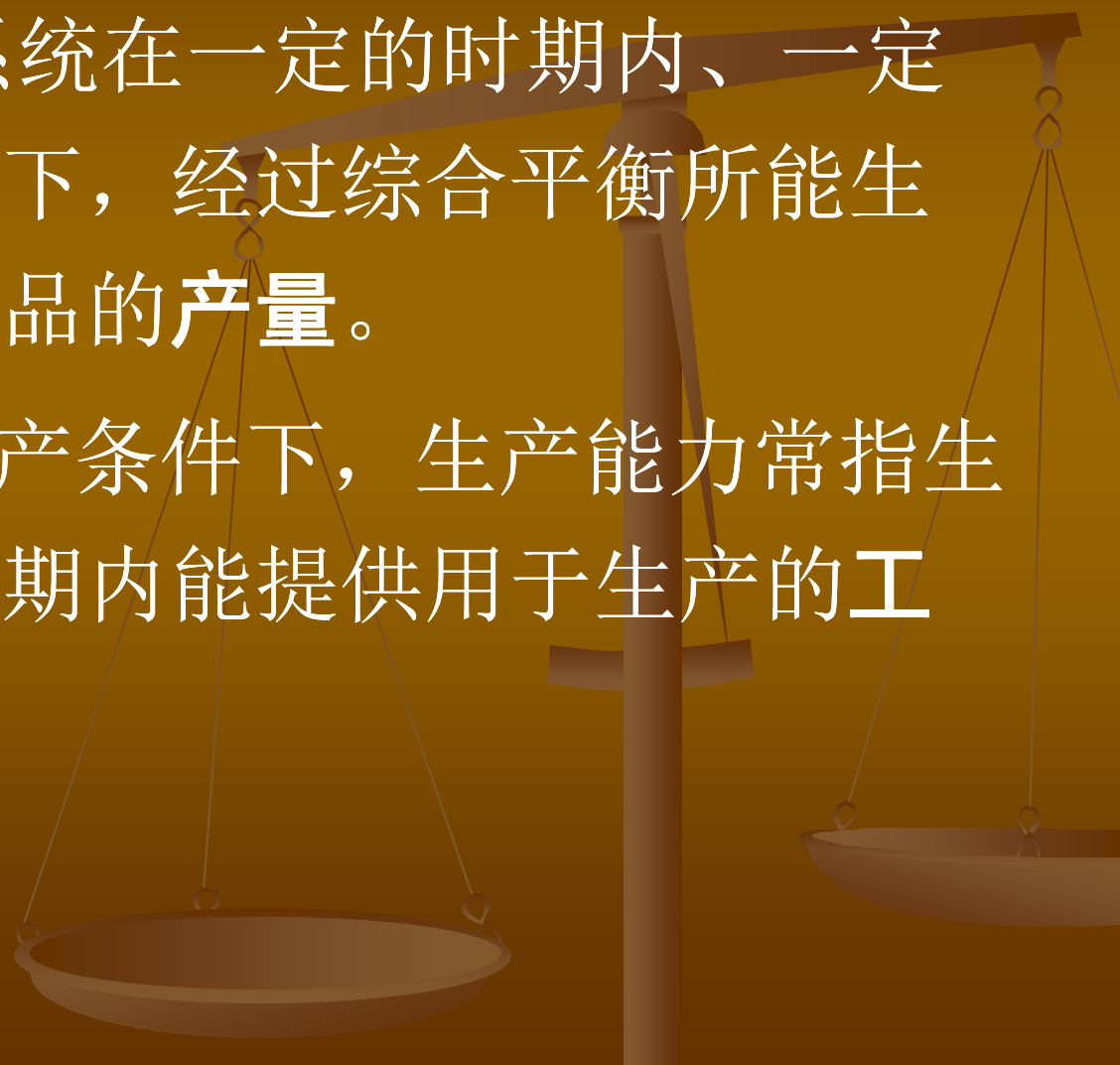


第三节 生产能力

■ 一、生产能力的概念

■ 是指生产系统在一定的时期内、一定的技术组织条件下，经过综合平衡所能生产的一定种类产品的**产量**。

■ 在多品种生产条件下，生产能力常指生产系统在一定时期内能提供用于生产的**工(台)时数**。

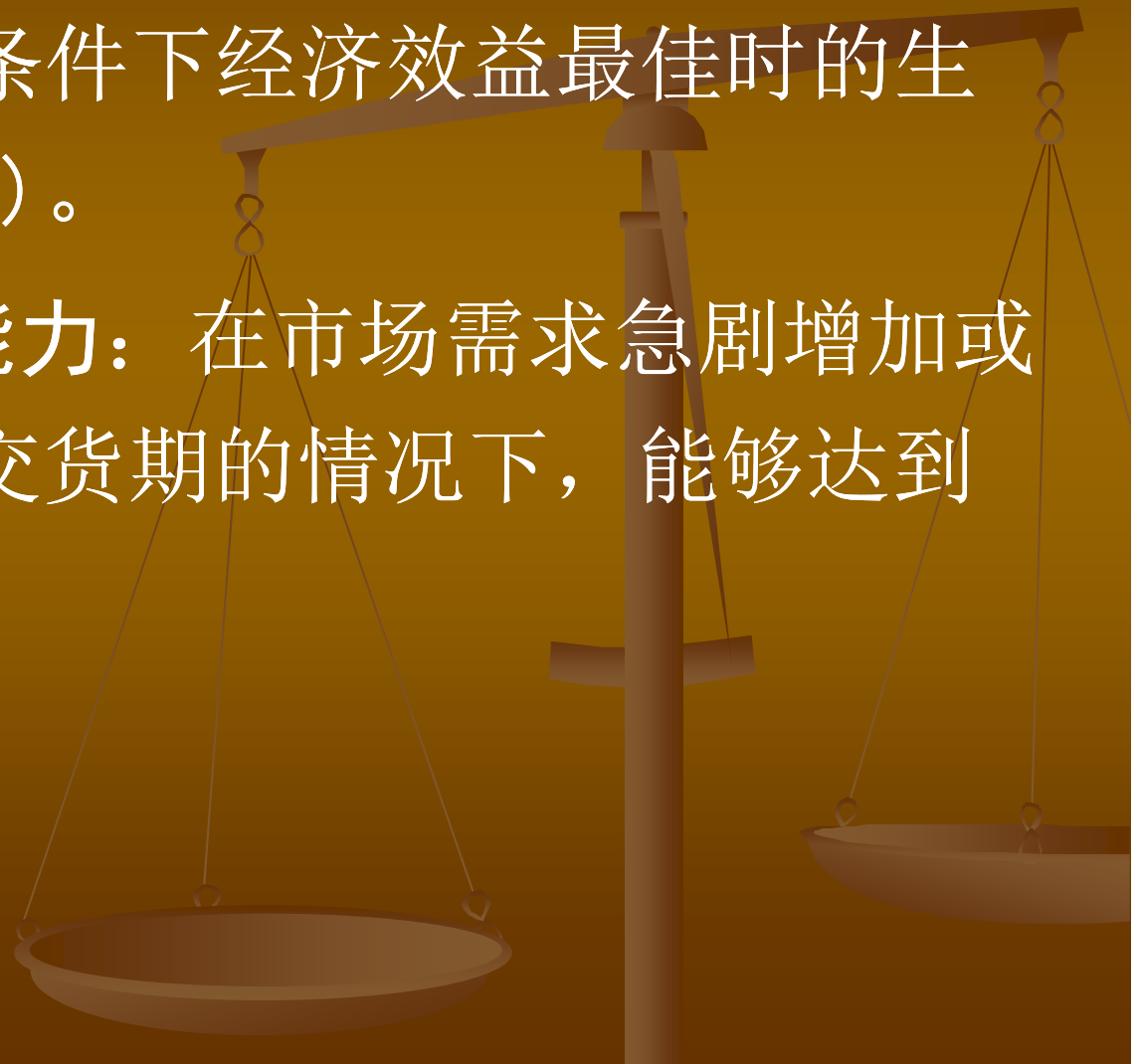


二、 生产能力分类

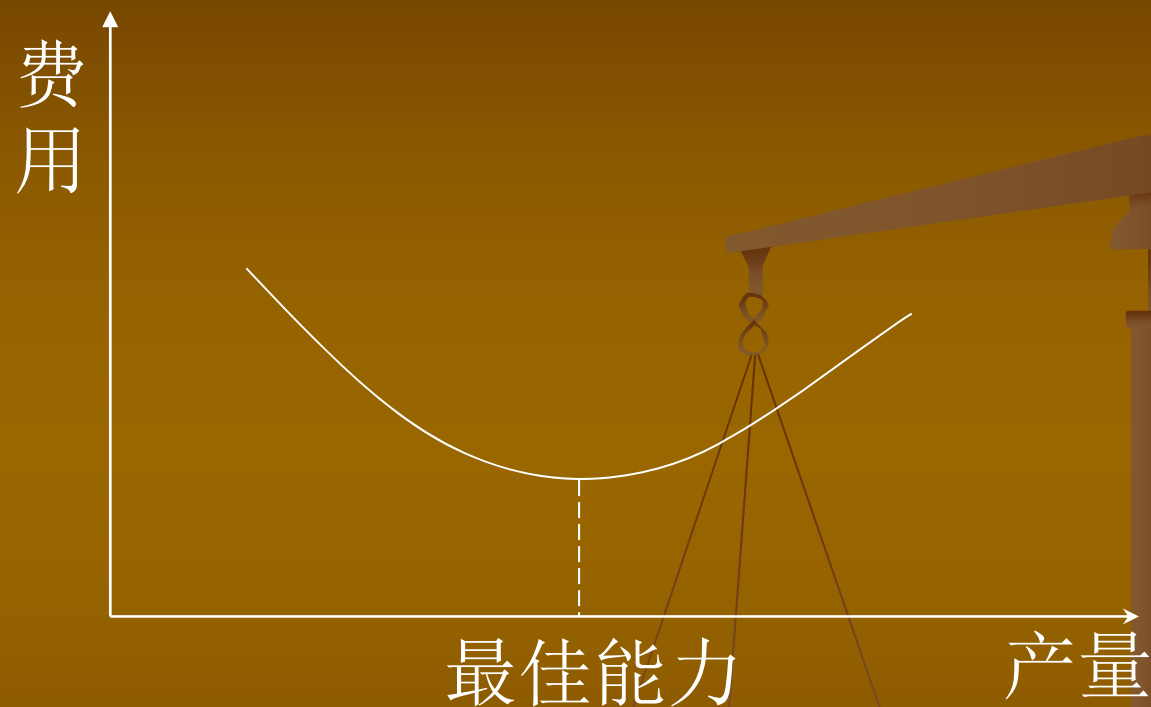
1、 正常生产能力:

在一定的资源条件下经济效益最佳时的生产能力(最优能力)。

2、 最大生产生产能力: 在市场需求急剧增加或为赶工满足紧急交货期的情况下, 能够达到的最大生产能力。

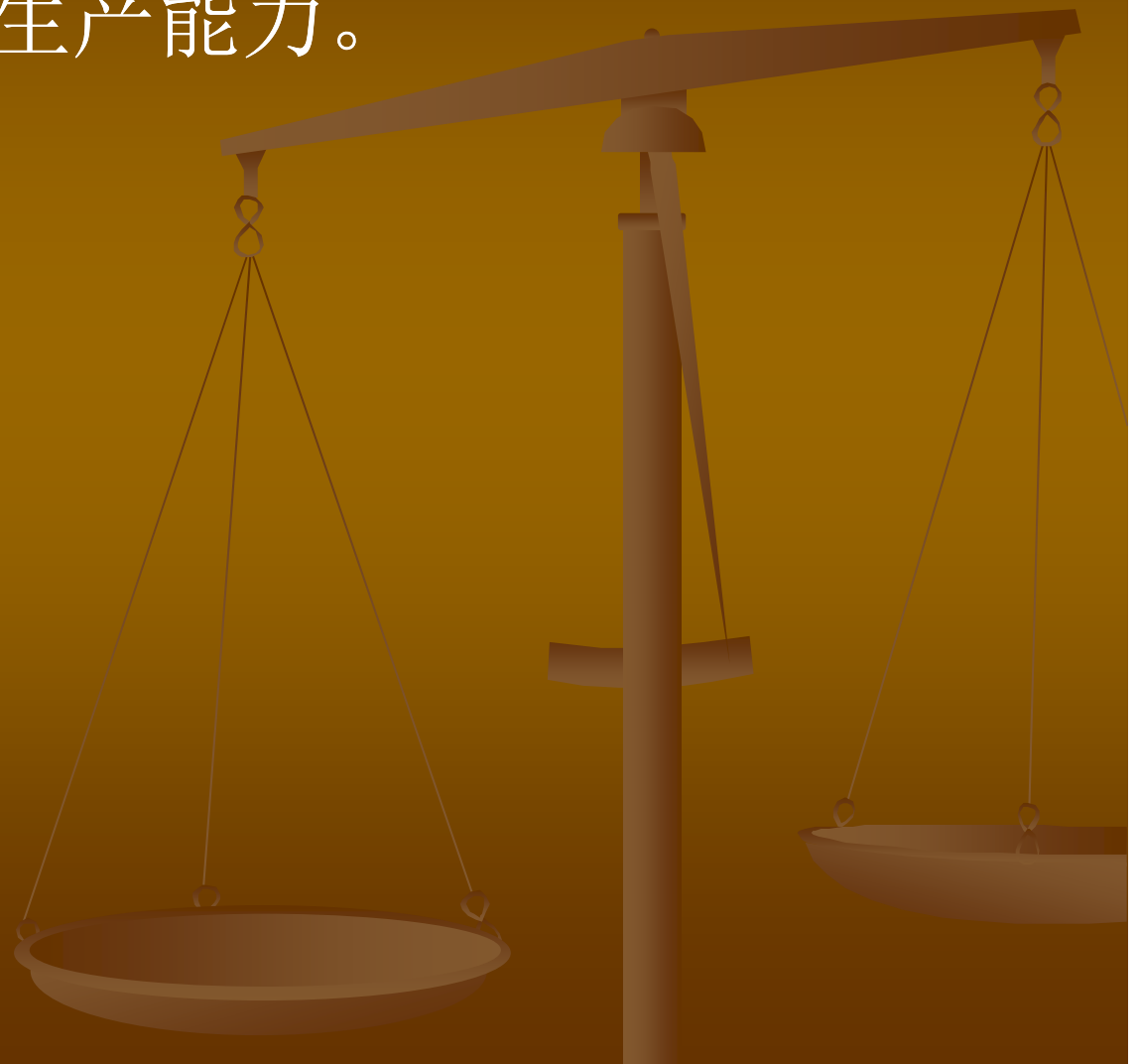


3、最优生产能力

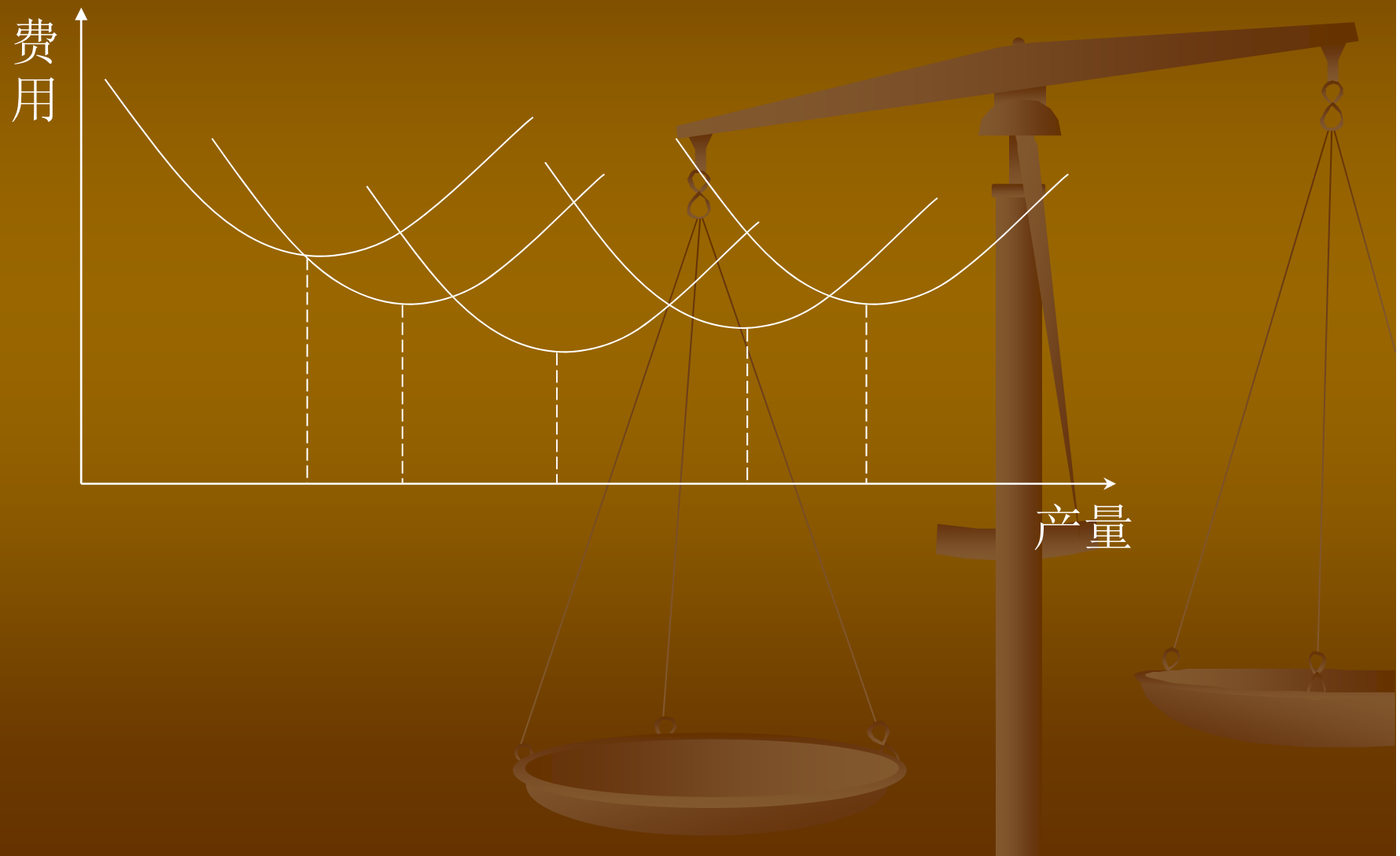


4、短期需求生产能力：针对当前的需要而考虑的生产能力(现有能力、设计能力)。

5、长期需求生产能力：与未来市场需求相适应，为满足市场未来一段较长时期的需要而设计和拥有的生产能力。



➤6、最优长期生产能力



三、生产能力决策

1、长期生产能力决策

设某企业拟生产某产品，对市场需求的长期预测，未来10年的可能销售情况如下表(1)，预计每件单价40 元，现提出四个生产能力方案，各方案对应的费用参数如表(2):

年需求量	10000	20000	30000	40000
概 率	0.2	0.4	0.3	0.1

不同方案的单位变动成本表

技术 方案	一般技术	较先进技术	先进技术
10000件	21	25	32
20000件	16	14	18
30000件	19	13	12
40000件	26	18	14
年固定成本	30万	42万	50万

设若每年生产的产品销售不出去，就形成积压报废，无残值。

- 首先计算出每个方案在不同情况下的收益期望值。如在现有技术条件下年产**10000**件的能力方案，对应年销售量也为**10000**件时，条件收益值计算如下：

$$\text{条件收益值} = \text{年销量} \times (\text{单价} - \text{单位变动成本}) - \text{年固定成本} = 10000 \times (40 - 21) - 30 \text{万} = -11 \text{万}$$

年产**30000**件能力，一般技术水平下，年销量只有**20000**件时： $40 \times 20000 - 30000 \times 19 - 30 \text{万} = -7 \text{万}$

若年销量达到**30000**件时：

$$40 \times 30000 - 30000 \times 19 - 30 \text{万} = -33 \text{万}$$

■ ①一般技术水平条件下的收益表

需求 \ 方案	10000	20000	30000	40000	期望值
	0.2	0.4	0.3	0.1	
10000件	-11	-11	-11	-11	-11
20000件	-22	18	18	18	10*
30000件	-47	-7	33	33	1
40000件	-94	-54	-14	26	-42

■ ②较先进技术水平条件下的收益表

技术 方案	10000	20000	30000	40000	期望值
	0.2	0.4	0.3	0.1	
10000件	-27	-27	-27	-27	-27
20000件	-30	10	10	10	2
30000件	-41	-1	39	39	7*
40000件	-74	-34	-6	46	-22

■ ③先进技术水平条件下的收益表

技术 方案	10000 0.2	20000 0.4	30000 0.3	40000 0.1	期望值
10000件	-42	-42	-42	-42	-42
20000件	-46	-6	-6	-6	-14
30000件	-46	-6	34	34	2*
40000件	-66	-26	14	54	-14

- 方案计算结果可知，采用一般技术方案，最大收益期望值在生产能力为年产20000件时(10万); 采用中等技术方案，最优能力为年产30000件(7万); 采用先进技术方方案，最优生产能力为30000件(2万)。

- 比较各生产能力方案可见，采用一般技术方案，最优生产能力为20000件。此时的收益期望值10 万在所有方案中最大。故该方案为最优。

2、设备组生产能力的核算

① 单一产品生产下的设备组生产能力：

$$M = \frac{F_e \cdot S}{t}$$

S=设备组内的设备数；

F_e = 计划期单台设备的有效工作时间；

t=单位产品台时定额。

如： $M=24000 \times 6 / 20 = 7200$ （台/年）

② 多品种成批生产的设备组生产能力

■ 代表产品法：

例：某设备组共有加工设备18台，加工甲、乙、丙、丁四种产品，计划产量分别为：1000、900、1800、400台，各产品单件加工时间分别为：10、30、20、25台时，两班制生产，设备停修率为10%，试计算该设备组的生产能力。

解：以丙产品为代表，设备组生产能力计算如下：

$$M = \frac{F_e \cdot S}{t_{\text{代表}}} = \frac{300 \times 8 \times 2 \times 0.9 \times 18}{20} = 3888(\text{台})$$

$$F_e \cdot S = 77760(\text{台时})$$

为进行任务与能力间的平衡，还需将计划产量任务按劳动量比例关系折算成以代表产品表示的产量任务。折算系数：

$$\alpha = \frac{t_i}{t_{\text{代表}}}$$

- 计算以代表产品表示的计划产量任务：

$$\begin{aligned} N &= \sum_{i=1}^n N_i \cdot \frac{t_i}{t_{\text{代表}}} \\ &= 1000 \times \frac{10}{20} + 900 \times \frac{30}{20} + 1800 + 400 \times \frac{25}{20} \\ &= 4150(\text{台}) \end{aligned}$$

- 计算设备祖负荷率

$$\eta = \frac{N}{M} = \frac{4150}{3888} = 1.067$$

■ 假想产品法:

当加工对象为单件小批多品种条件下，由于生产对象多为一次性生产，因而不容易确定代表产品，此时，可采用假想产品法确定设备组生产能力。

假想产品的单件工时:

$$t_{\text{假想}} = \sum_{i=1}^n t_i \cdot \delta_i; \quad \delta_i = \frac{N_i}{\sum_{i=1}^n N_i};$$

例：某设备组共有16台设备，两班制生产，时间损失率为10%，生产A、B、C、D四种产品，年计划产量分别为： $N_A=750$ 、 $N_B=600$ 、 $N_C=1200$ 、 $N_D=450$ ，各产品单件工时分别为： $t_a=20$ 台时， $t_b=25$ 台时， $t_c=10$ 台时， $t_d=40$ 台时。用假想产品法求生产能力。

$$t_{\text{假想}} = 20 \times \frac{750}{3000} + 25 \times \frac{600}{3000} + 10 \times \frac{1200}{3000} + 40 \times \frac{450}{3000} = 20(\text{台时})$$

$$M_{\text{假想}} = \frac{F_e \cdot S}{t_{\text{假想}}} = \frac{300 \times 8 \times 2 \times 0.9 \times 16}{20} = 3456(\text{台})$$

折算成用各真实产品表示的生产能力:

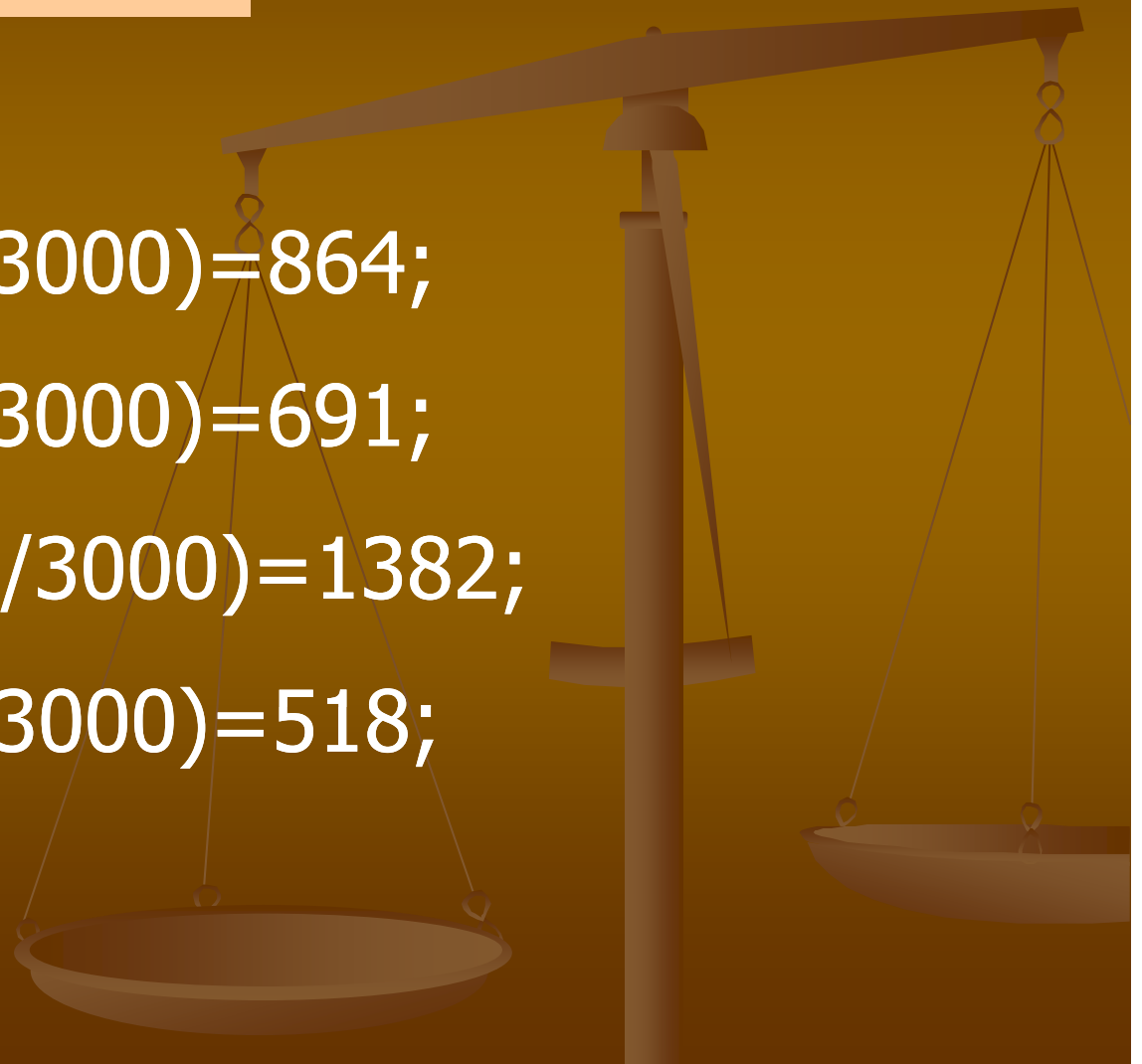
$$M_i = M_{\text{假想}} \times \delta_i$$

$$M_A = 3456 * (750/3000) = 864;$$

$$M_B = 3456 * (600/3000) = 691;$$

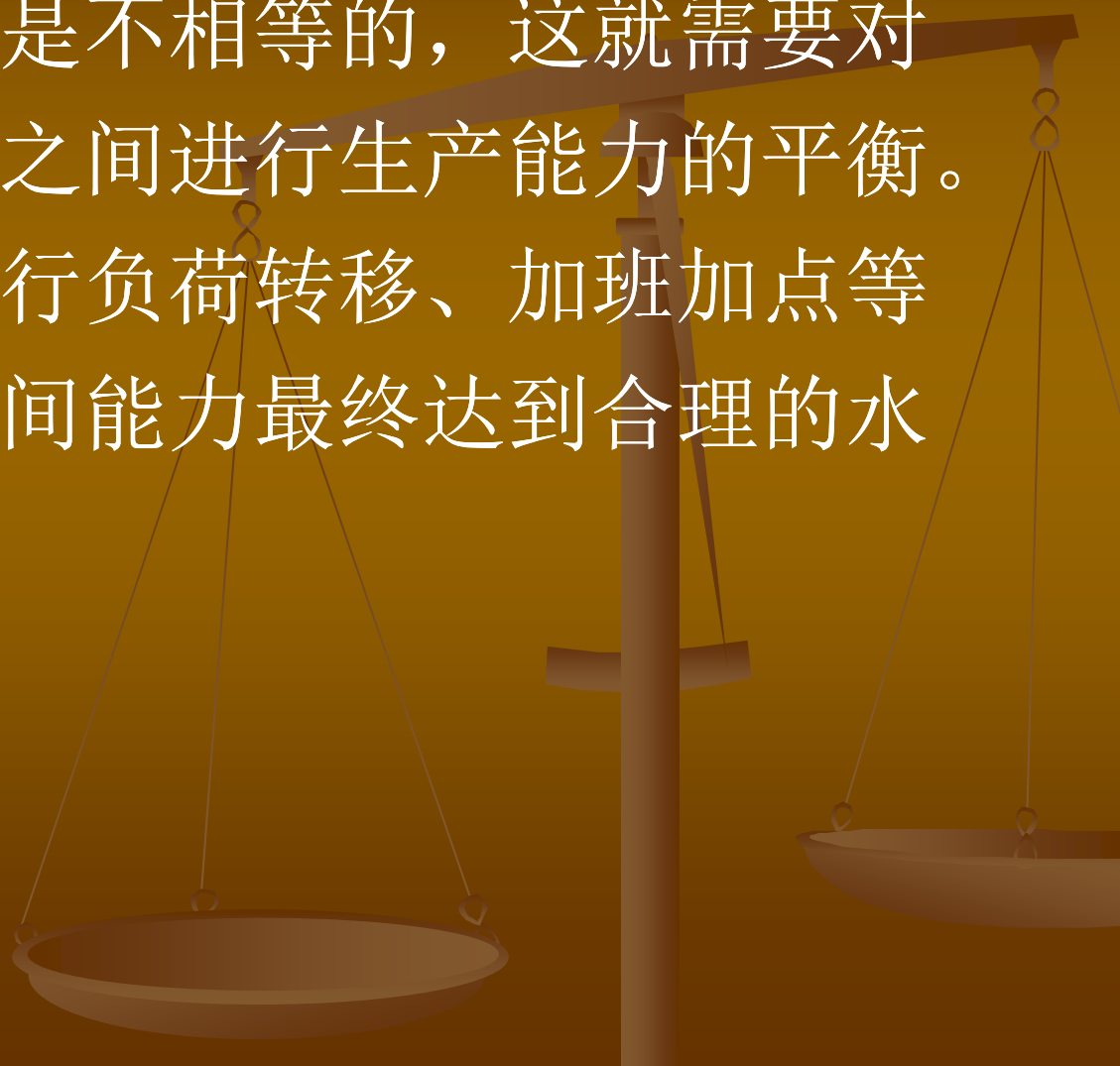
$$M_C = 3456 * (1200/3000) = 1382;$$

$$M_D = 3456 * (450/3000) = 518;$$

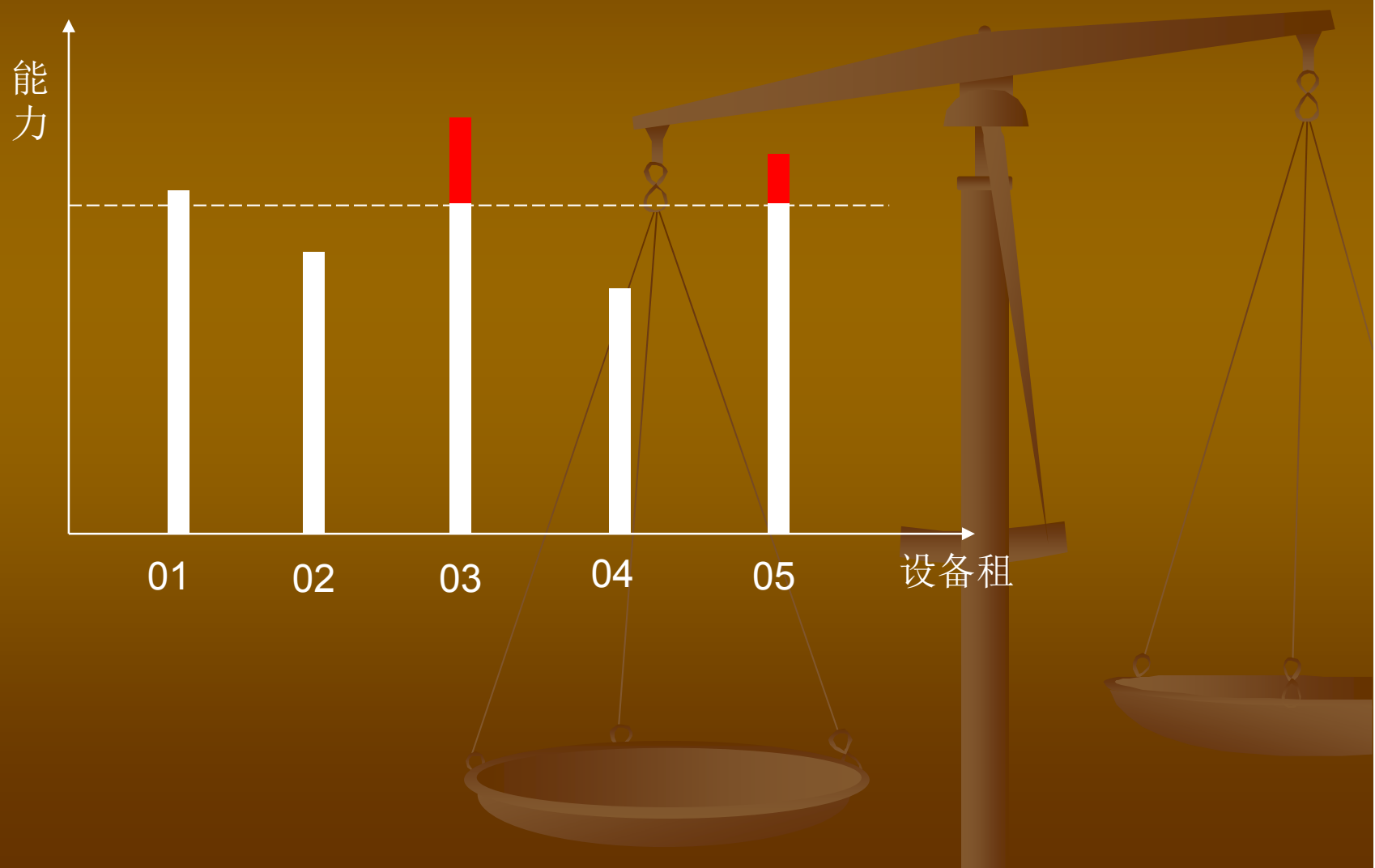


3、车间生产能力的确定

车间生产能力取决于各设备组的生产能力，但各设备组能力是不相等的，这就需要对车间内各设备组之间进行生产能力的平衡。对瓶颈设备组进行负荷转移、加班加点等方法处理，使车间能力最终达到合理的水平。



■ 车间生产能力综合平衡：



调整生产能力的方法：

- ▣ 加班加点；
- ▣ 增加人员、设备；
- ▣ 提高工作效率；
- ▣ 更改工艺路线(负荷转移)；
- ▣ 增加外协处理等。



■ 调整生产负荷的方法：

- 修改计划；
- 调整批量；
- 推迟交货期；
- 撤消订单；
- 交叉作业等。



第四节 产品投入/出产进度计划

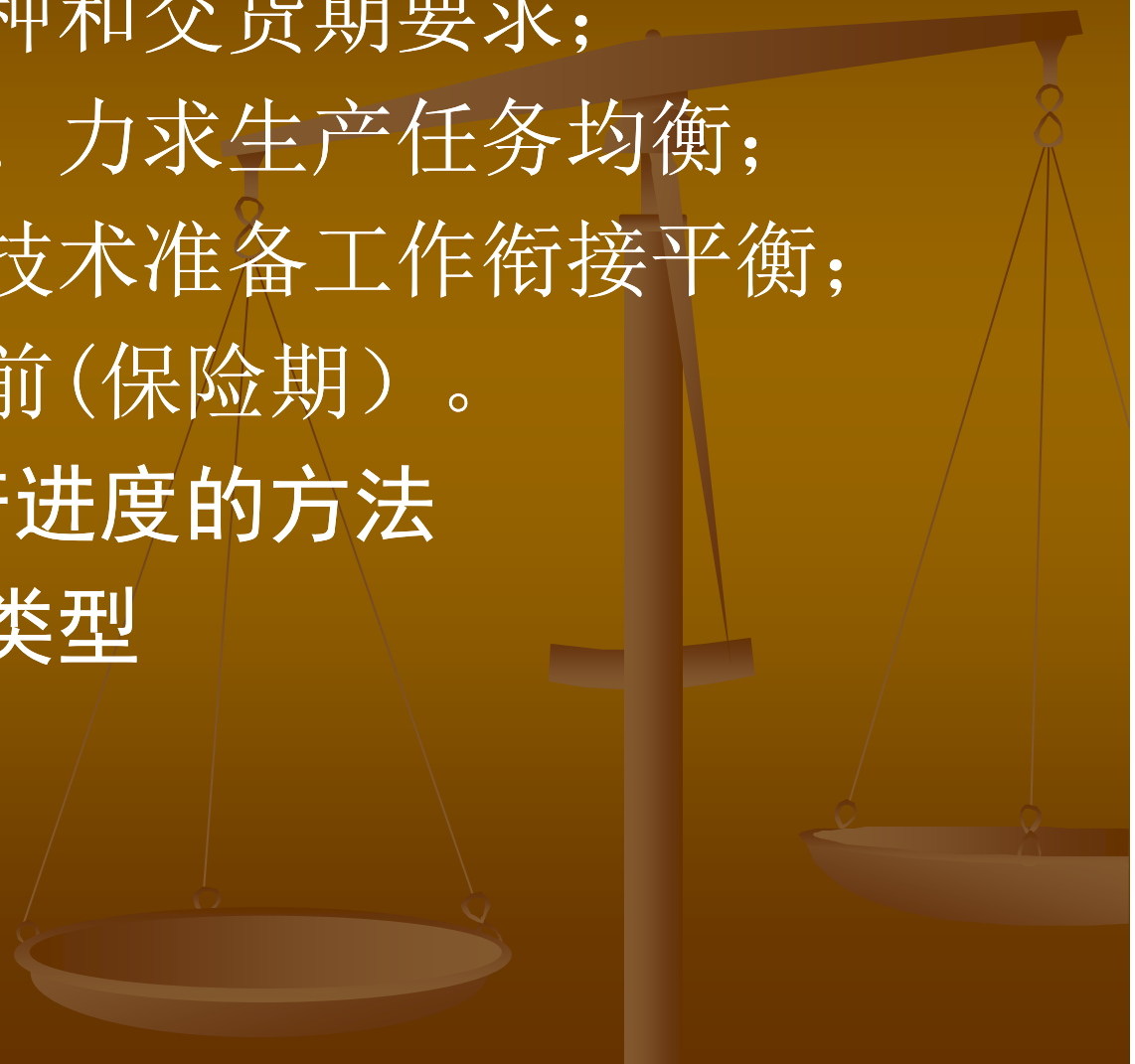
一、安排产品出产进度计划的原则

- 1、满足用户对品种和交货期要求；
- 2、合理搭配品种、力求生产任务均衡；
- 3、与物料供应、技术准备工作衔接平衡；
- 4、留有适当的提前（保险期）。

二、安排产品出产进度的方法

1、大量大批生产类型

- * 均衡安排法；
- * 同步排产法；
- * 分段跟进法；

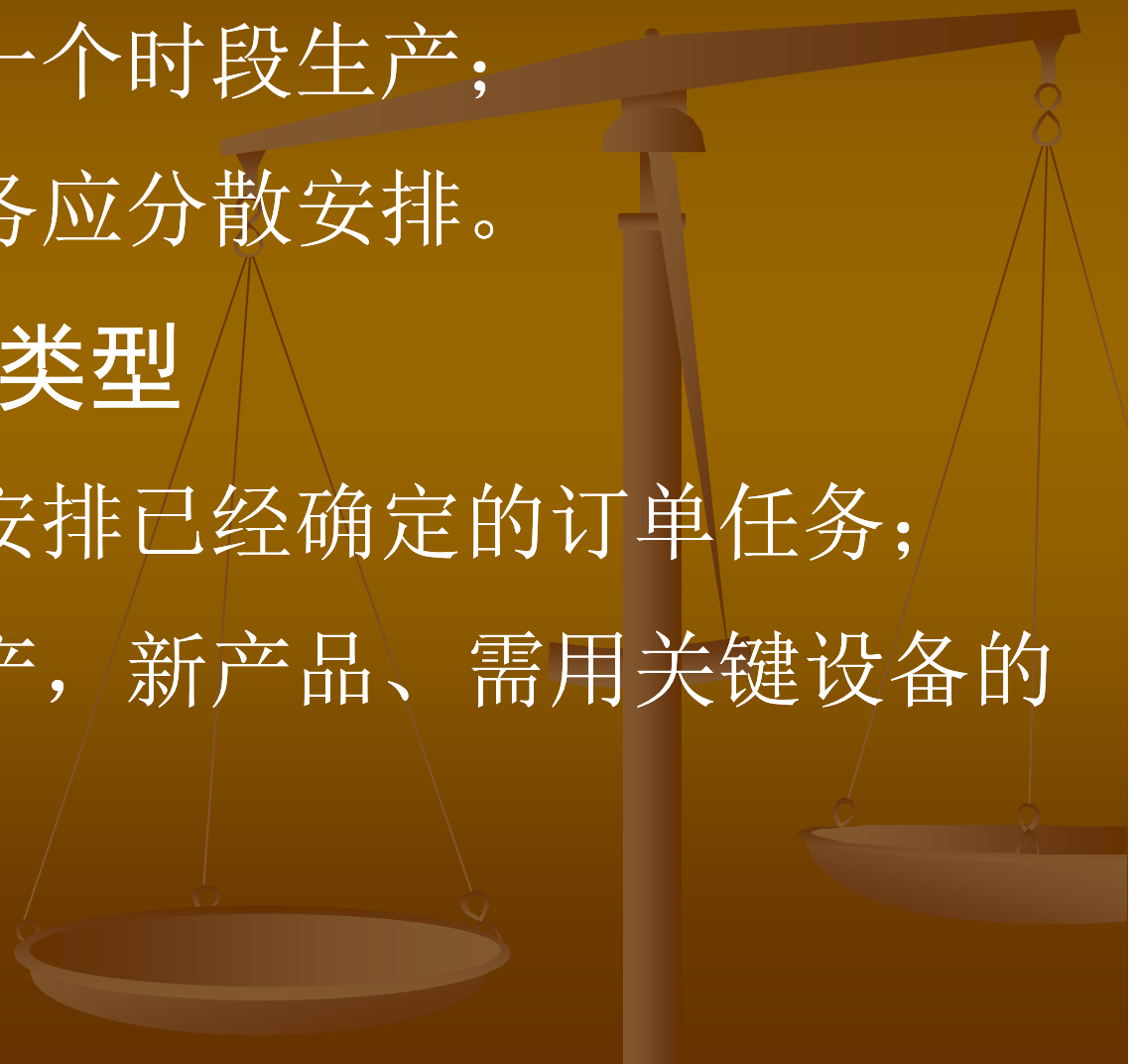


2、多品种成批生产类型

- * 主流产品均衡排在各个时段生产;
- * 小批量产品集中一个时段生产;
- * 需关键资源的任务应分散安排。

3、单件小批生产类型

- * 按交货期要求, 安排已经确定的订单任务;
- * 同类产品集中生产, 新产品、需用关键设备的产品分散安排.



*按预测订单量，粗略安排未具体落实订单的时段任务。

第六章 生产作业计划

生产作业计划是生产计划的具体化计划，是生产计划的继续，在时间上它把年度计划任务从年具体化到月、周、天、工作班的任务；在对象上，它把产品为单位的计划，细分为组成产品的各种零部件生产任务；在执行单位上，它把企业的任务细分到车间、工段班组、直至每个工作地的任务。

第一节 作业计划期量标准

一、期量标准的概念

期量标准就是对加工对象在生产过程所规定的的时间和数量上的标准。“期”就是指时间，包括：生产周期、生产提前期、生产间隔期等；“量”就是指数量，如生产批量、在制品数量等。

期量标准也称为作业计划标准，是编制作业计划的基础。不同生产类型的期量标准内容是不同的。

二、大量生产期量标准的制定

1、标准计划。

① 连续流水线标准计划

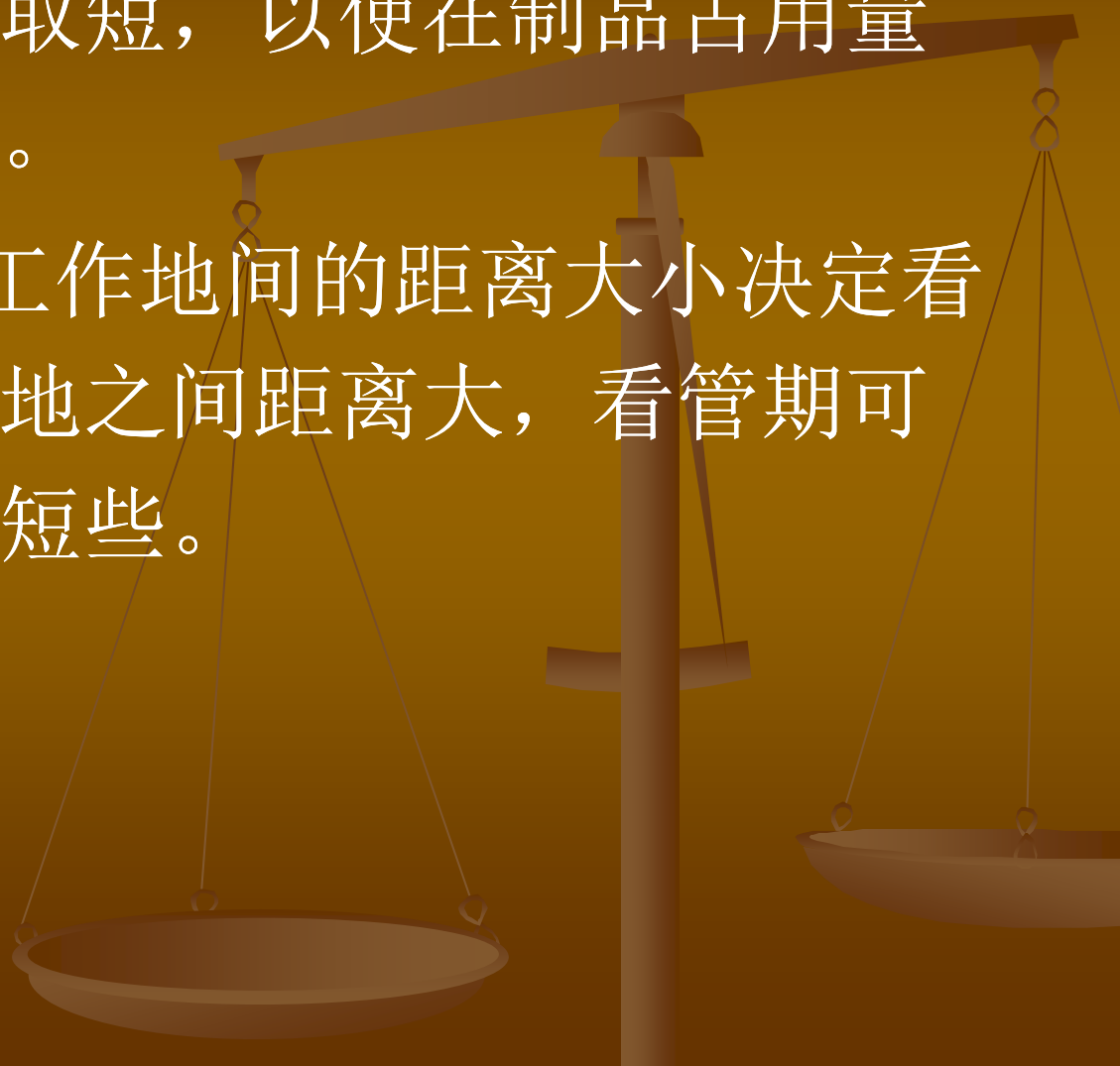
规定统一的工作起止时间和休息时间；

② 间断流水线标准计划

看管期：间断流水线上事先规定一个循环时间，在循环时间段，各道工序的产量相等，以平衡整条流水线运行。看管期时间长一般取与工作班时间成整数倍。如：2\4\8小时。

确定看管期长短考虑的因素：

- ① 根据加工对象的特点来确定。如：体积大、价值高、看管期取短，以使在制品占用量减少；反之取长。
- ② 根据流水线各工作地间的距离大小决定看管期长短。工作地之间距离大，看管期可取长些，反之取短些。



各工序在看管期内的工作延续时间 T_{gi} ;

$$T_{gi} = Q_k t_i$$

Q_k (看管期规定产量) = T_k / r ;

t_i = i 工序单件时间; T_k = 看管期;

当某工序工作延续时间大于看管期时, 工作地数大于或等于2, 各工作地的延续时间可以有两种安排方法, 一种是均衡安排法, 即把负荷平均分配给各工作地;

$$T_{i,j} = T_{gi} / S_{ei}$$

另一种是非均衡安排法：使前($S_{ei}-1$)个工作地的工作延续时间等于看管期(满负荷)，剩一个工作的工作延续时间为：

$$T_{余,j}=T_{gi}-(S_{ei}-1)T_k$$

当 $T_{gi}<T_k$ 时，工作地在看管期内将有部分空闲时间，为充分利用此空闲时间，应合理确定该工作地的工作起止时间。

例: $r=6$ 分钟, $T_k=120$ 分钟, $Q_k=20$ 。

工序	工作地	单件工时
1	01	12
	02	
2	03	4
3	04	8
	05	

■ 2、在制品占用量定额

在制品占用量定额，就是在一定时间、地点和具体生产技术组织条件下，为保证生产连续进行所必需的在制品数量。

(1) 流水线内部在制品

① 工艺在制品。指在各工作地上正在加工和正在检验中的在制品数量。

$$Z_g = \sum_{i=1}^m S_i \cdot g_i$$

- $g_i = i$ 工序上一个工作地同时加工的零件数;
- $S_i = i$ 工序上工作地数; m = 流水线的工序数。

② 运输在制品。运输在制品是指正处于运输过程中或放置在运输工具上的在制品数量。运输在制品一般在连续流水线上考虑。计算如下:

$$Z_y = (m-1) Q_y$$

- m = 流水线的工序数; Q_y = 工序间运输批量;
- 当流水线采用连续式传送带时, 传送装置上占用的在制品计算式: $Z_y = Q_y (L/l)$
- L = 传送带工作区总长; l = 分区单位长;

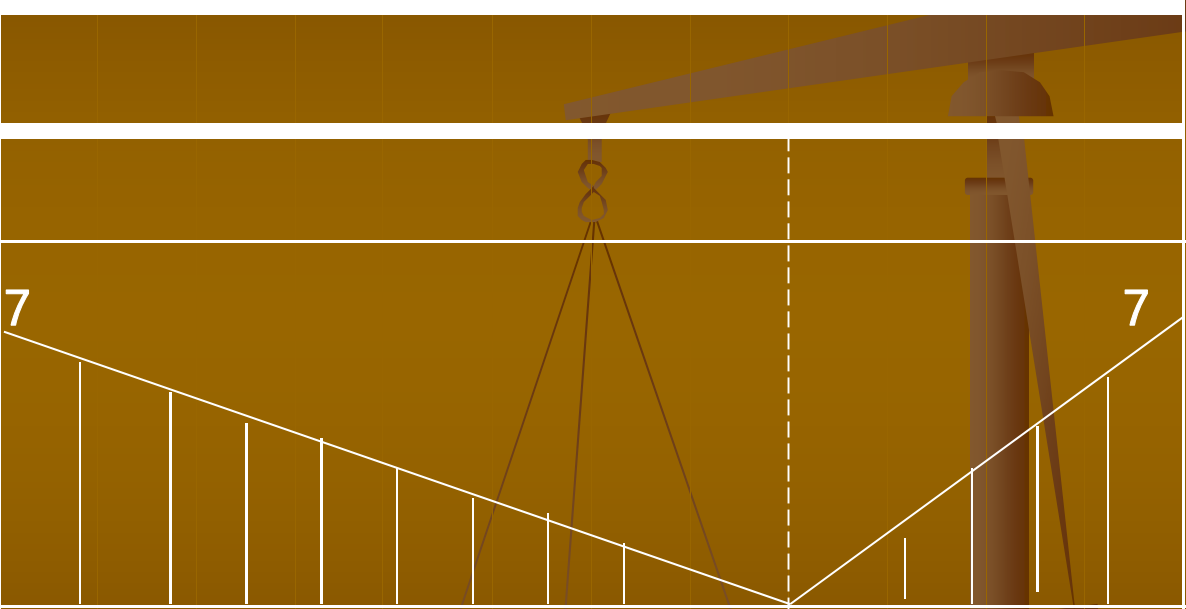

③ **工序间流动在制品。** 间断流水线上由于前后工序间的效率不同而产生的在制品，当前工序速度快于后工序时，在看管期内，在制品将从小到大逐步增加；当前工序速度慢于后工序时，为使后工序工作连续，必须在看管期初就为后工序准备足够的在制品。

由于规定了看管期内各工序统一的产量，因而周转在制品在看管期内的最大值是有限的，周转在制品在看管期内从零到最大值动态变化。

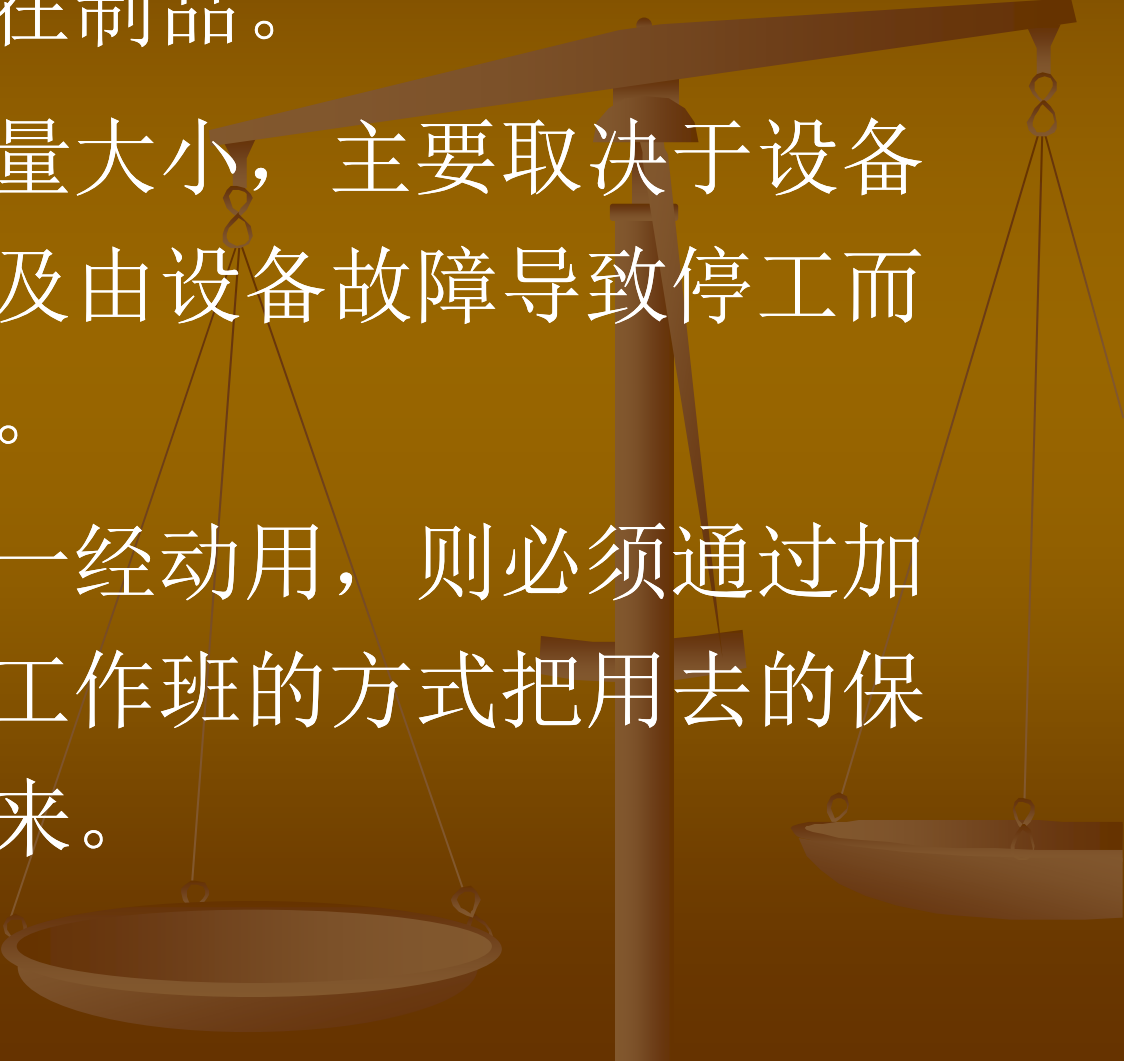
各工序间的周转在制品要根据看管期内前后工序间的生产率变化情况分时间段计算。同一段时间内，前后两工序间的生产率之差不变；而生产率之差不同时就应分成另一时间段。各时间段的最大周转在制品占用量计算公式如下：

$$Z_{Tj} = \frac{T_j S_i}{t_i} - \frac{T_j S_{i+1}}{t_{i+1}}$$

T_j = 第j时间段长； S_i 、 S_{i+1} = 分别为第j时间段前后工序参与工作的设备数； t_i 、 t_{i+1} = 分别为前后工序单件加工时间。

工序	工作地	60	120	单件工时
1	01			12
	02			
2	03			4

工序	工作地	60	120	单件工时
2	03			4
3	04			8
	05			

- 
- ④ 保险在制品占用量。为避免工序设备故障或其他一些意外原因造成停工损失，而在工序间配备的在制品。
 - 保险在制品占用量大小，主要取决于设备故障恢复时间，及由设备故障导致停工而导致损失的大小。
 - 保险在制品一经动用，则必须通过加班加点等非正常工作班的方式把用去的保险在制品补充回来。

■ 三、成批生产的期量标准

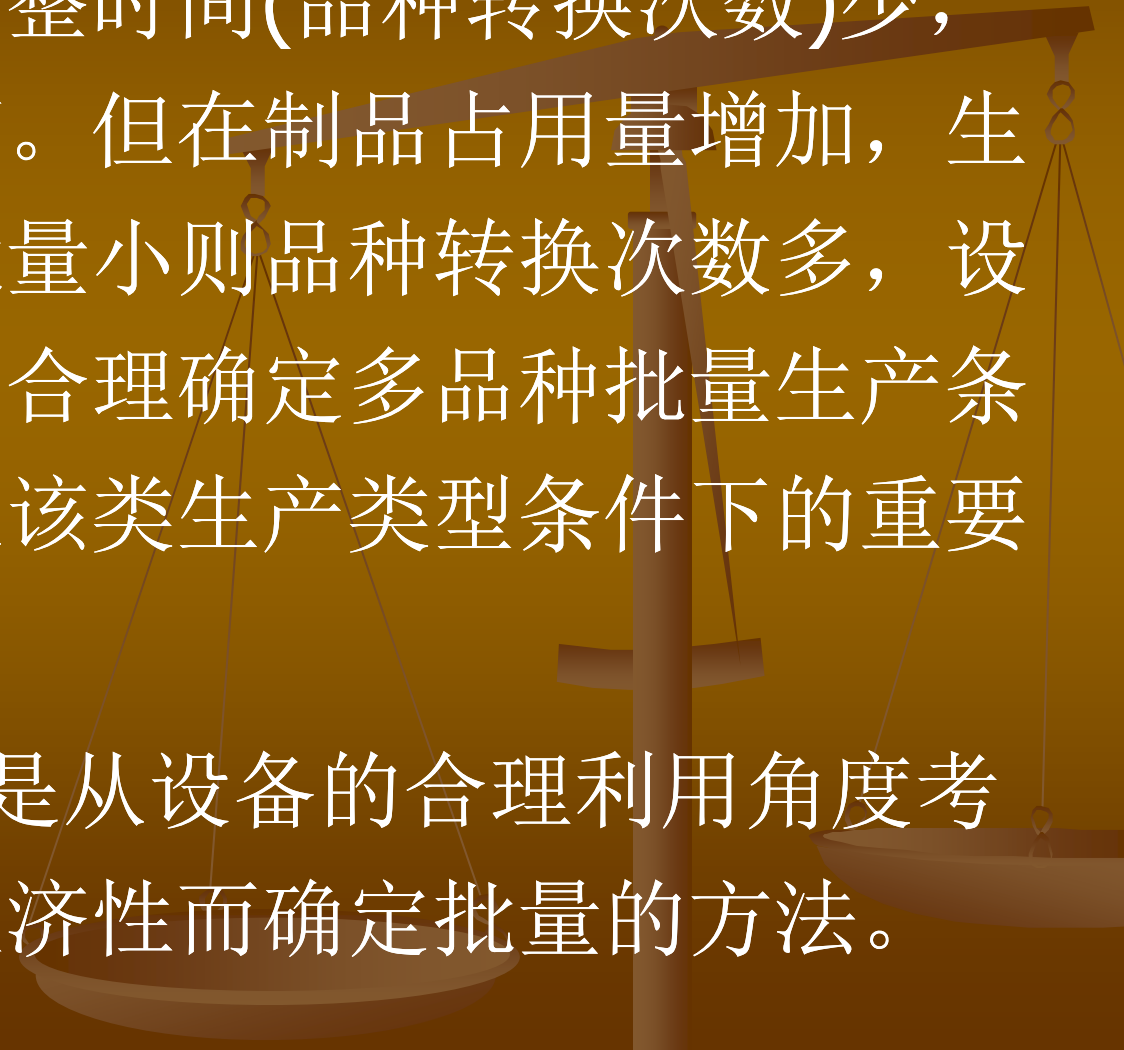
■ 1、批量和生产间隔期

■ 批量(n)是指相同制品一次投入或出产的数量。也是消耗一次准备结束时间，连续加工的同种产品数量。

■ 生产间隔期(R)是指前后两批同种制品投入或出产的时间间隔。

■ $n=Rq$, q =平均日产量;

■ $q=N/F_d$, F_d = 计划期工作天数;



批量大小对生产系统的效率和效益具有重要影响，在年计划产量一定的条件下，批量大，则设备调整时间(品种转换次数)少，利于效率的提高。但在制品占用量增加，生产周期延长；批量小则品种转换次数多，设备调整时间多。合理确定多品种批量生产条件下的批量，是该类生产类型条件下的重要期量标准。

- ① **最小批量法。**是从设备的合理利用角度考虑，结合批量经济性而确定批量的方法。

其基本原则是，设备调整时间占总加工时间的比例不大于规定值。

$$\frac{t_{\text{调整}}}{t \times n} \leq k$$

K=设备调整时间损失系数。取值0.03–0.12

当加工对象需经过多道工序设备的加工时，上述公式可取主要关键设备来计算。

综合考虑设备时间利用和在制品占用量的影响，上式中取等号时则可同时满足两方面要求。

$$\frac{t_{\text{调整}}}{t \times k} = n$$

② 经济批量法。经济批量法主要从与批量有关的费用考虑，以实现批量费用最小化来确定最优批量。

与批量相关的费用可分为两部分，一部分是随批量增加而增加的部分。如：在制品占用和保

管费，生产周期增加而导致的费用：

$$C_1 = i(Q/2) \quad i = \text{单位在制品年占用费};$$

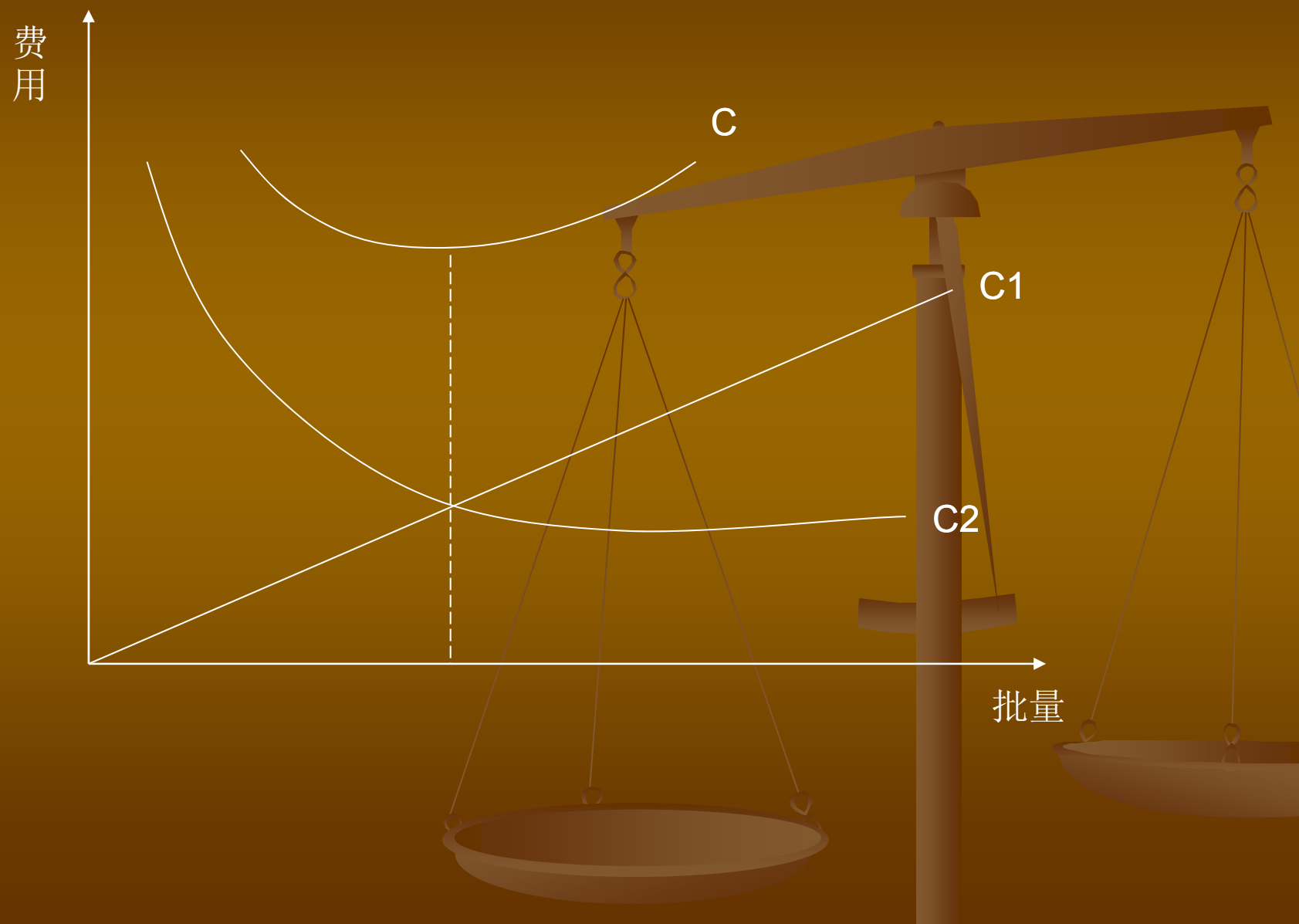
另一部分是随批量增加而减少的费用，如：

品种转换而导致的设备调整费及其他准备与结束费：

$$C_2 = A(N/Q) \quad A = \text{设备一次调整费};$$

与批量相关的总费用：

$$C = C_1 + C_2 = i(Q/2) + A(N/Q)$$



上式对Q求导，并令其为零，可得到最优批量计算式：

$$Q^* = \sqrt{\frac{2AN}{i}}$$

采用上述方法确定的生产批量，还必须参考月生产任务量进行调整，一般要求与月任务量成整数倍。确定了生产批量后，可根据平均日产量，确定生产间隔期。而生产间隔期一般与月工作日(或日历日)成整数倍。

- 如设一个月时间为：1、3、6、12、24、72(季度批)；或5、10、15、30、90 (季度批)；
- 由于生产过程各环节之间的生产特点的不同，一般前环节的批量为后环节批量的若干倍。
- 为便于组织和管理，生产批量和生产间隔期的种类一般不能太多，同一工段的批量种类一般不多于三种为好！。

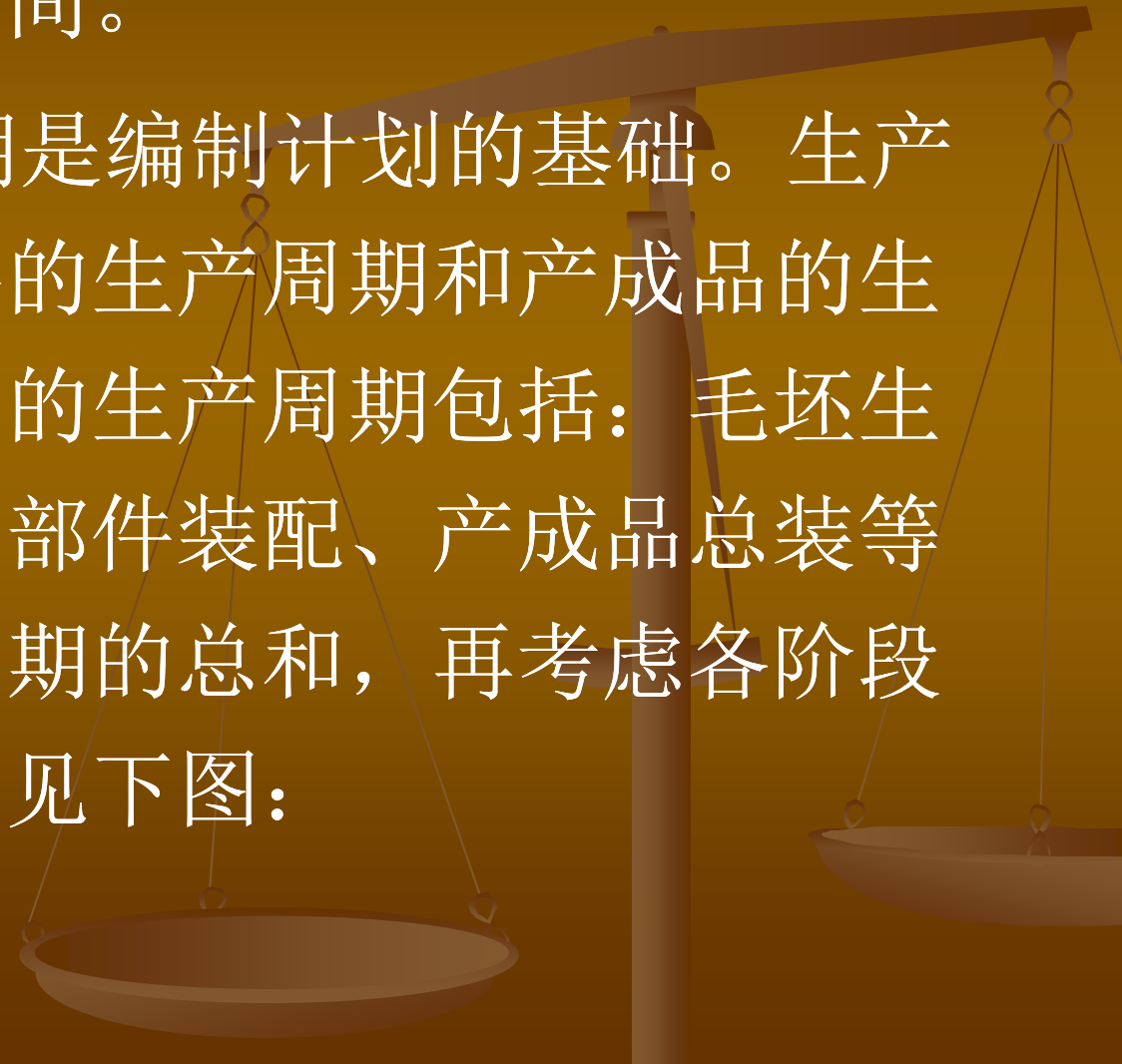


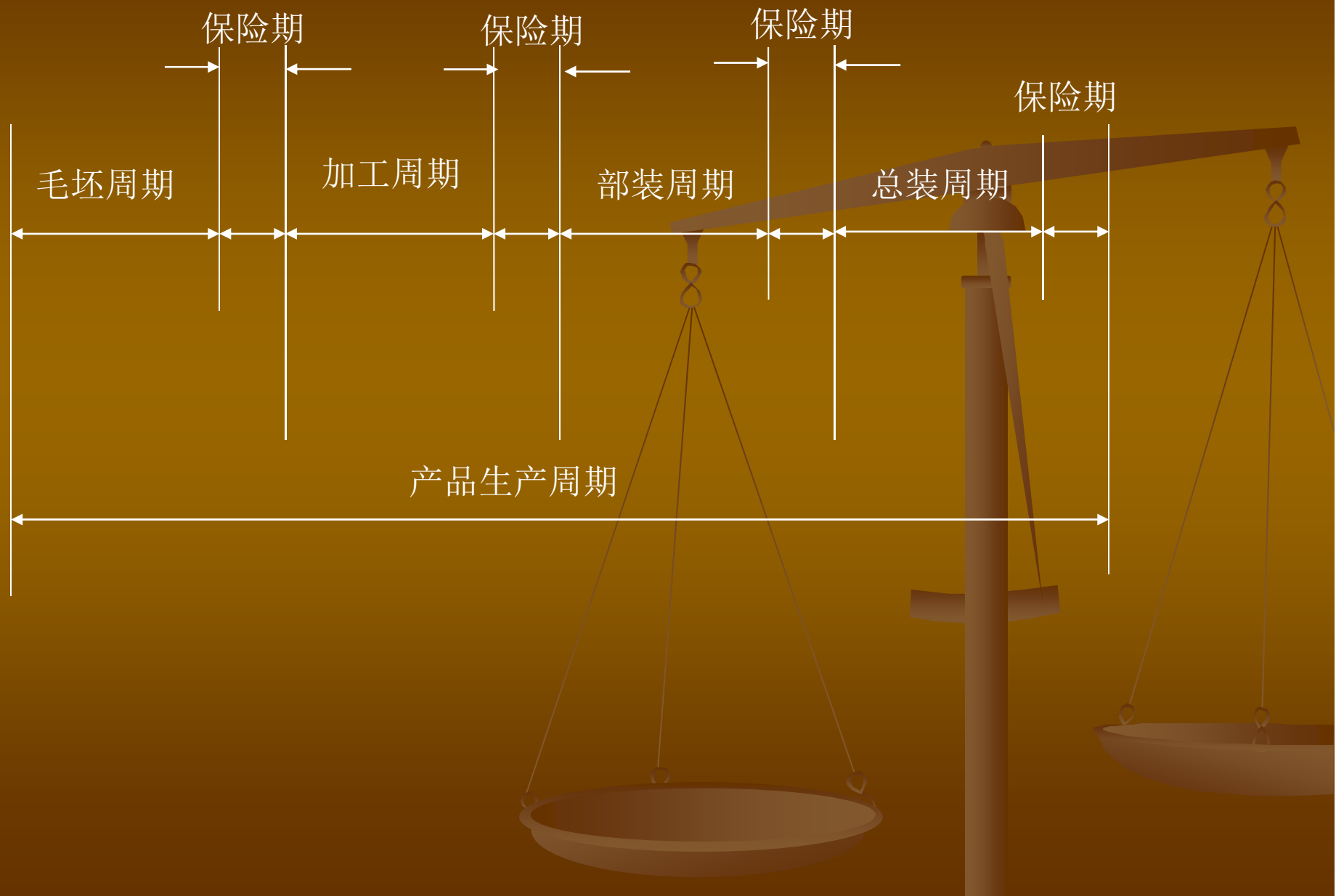
标准生产间隔期	3	6	12	24	72
投入产出次数	8	4	2	1	季度批
对应标准批量 q_R	$3q$	$6q$	$12q$	$24q$	$72q$
月产量任务=480	60	120	240	480	1440

设：用最小批量法或经济批量法所得最优批量为： $n=500$ 件，则结合上述标准批量，最后应取实际批量为480件。

2、生产周期。生产周期是指从原材料投入生产起到最后完工为止的整个生产过程所经历的全部日历时间。

确定生产周期是编制计划的基础。生产周期包括零部件的生产周期和产成品的生产周期。产成品的生产周期包括：毛坯生产、零件加工、部件装配、产成品总装等生产阶段生产周期的总和，再考虑各阶段之间的保险期。见下图：





■ ①工序加工周期计算

$$T_{gi} = \frac{n \cdot t_i}{d \cdot s \cdot k} + \frac{t_{\text{准备}}}{d}$$

- T_{gi} =i工序批加工周期；s=该工序的工作地数；
- K=定额完成系数； $T_{\text{准备}}$ =品种转换时间；
- d=制度规定每天工作时间；n=批量；
- ②工艺阶段生产周期计算
- 顺序移动方式下的阶段加工周期计算

$$T_{gs} = \sum_{i=1}^m T_{gi} + (m - 1) \cdot t_{\text{间断}}$$

- 平行-顺序移动方式下的加工周期计算

$$T_{gp} = T_{gs} \cdot k$$

- K=平行系数，一般取0.5-0.8
- ③ 产品生产周期

$$T = \sum_{i=1}^m T_g + \sum_{i=1}^m T_{\text{保险}}$$

■ 3、生产提前期

■ 生产提前期是指一批制品在某工艺阶段投入或出产的日期比该批制品在装配阶段全部完工出产所提前的时间。

■ 根据定义，装配阶段的出产提前期为零，按反工艺顺序，可计算出各生产环节的投入和出产提前期。

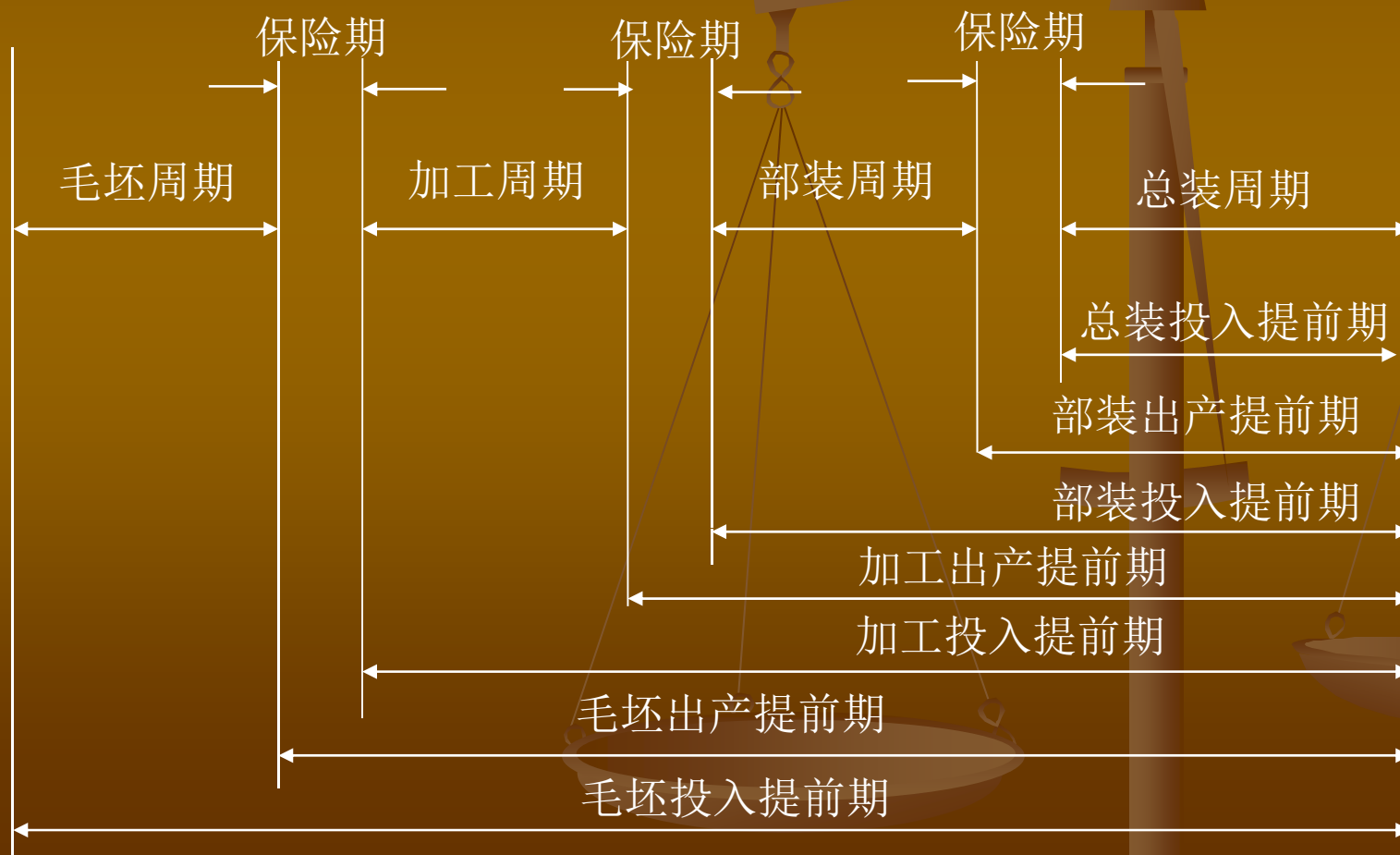
■ ① 投入提前期。

■
$$D_{\text{投}i} = D_{\text{出}i} + T_i$$

- ② 出产提前期.

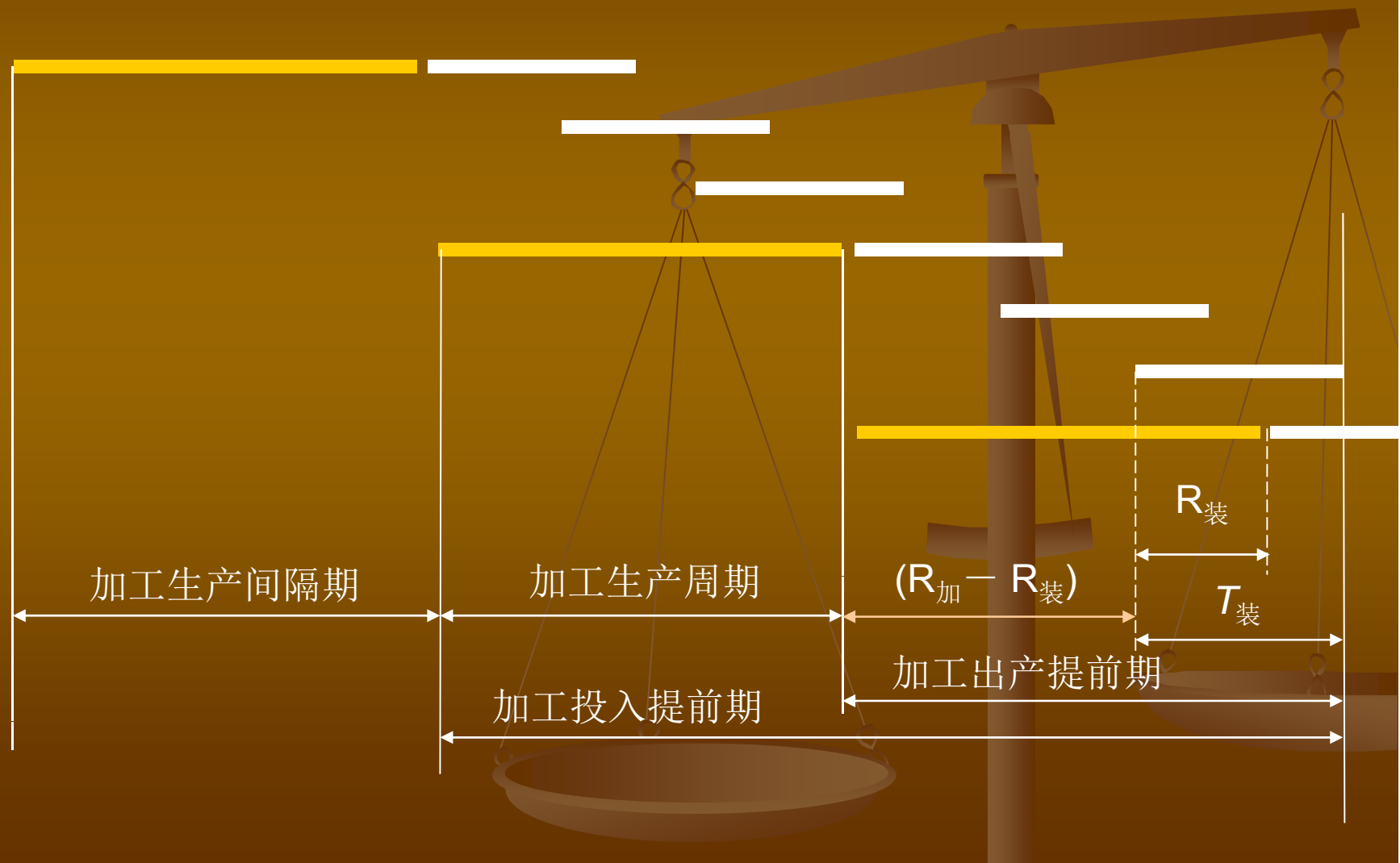
- 前后生产环节批量相等:

- $$D_{\text{出}i} = D_{\text{投}(i+1)} + T_{\text{保}}$$



- 前后环节生产批量不相等:

- $$D_{出i} = D_{投(i+1)} + (R_i - R_{i+1}) + T_{保}$$



- 4、在制品占用量。

- ①车间内部在制品占用量。

- 指正在加工、等待加工、处于运输或检验过程中的在制品。在成批生产条件下，车间在制品占用量按各工艺阶段分别计算。由于在制品整批地在车间之间转移，故车间内部在制品按如下公式计算：

- $$Z_{ch}=n \times N$$

- N =车间内部在制品批数； $N=T_i / R$

- n =生产批量。


$$T < R$$

$$T = R$$

$$T = 2R$$

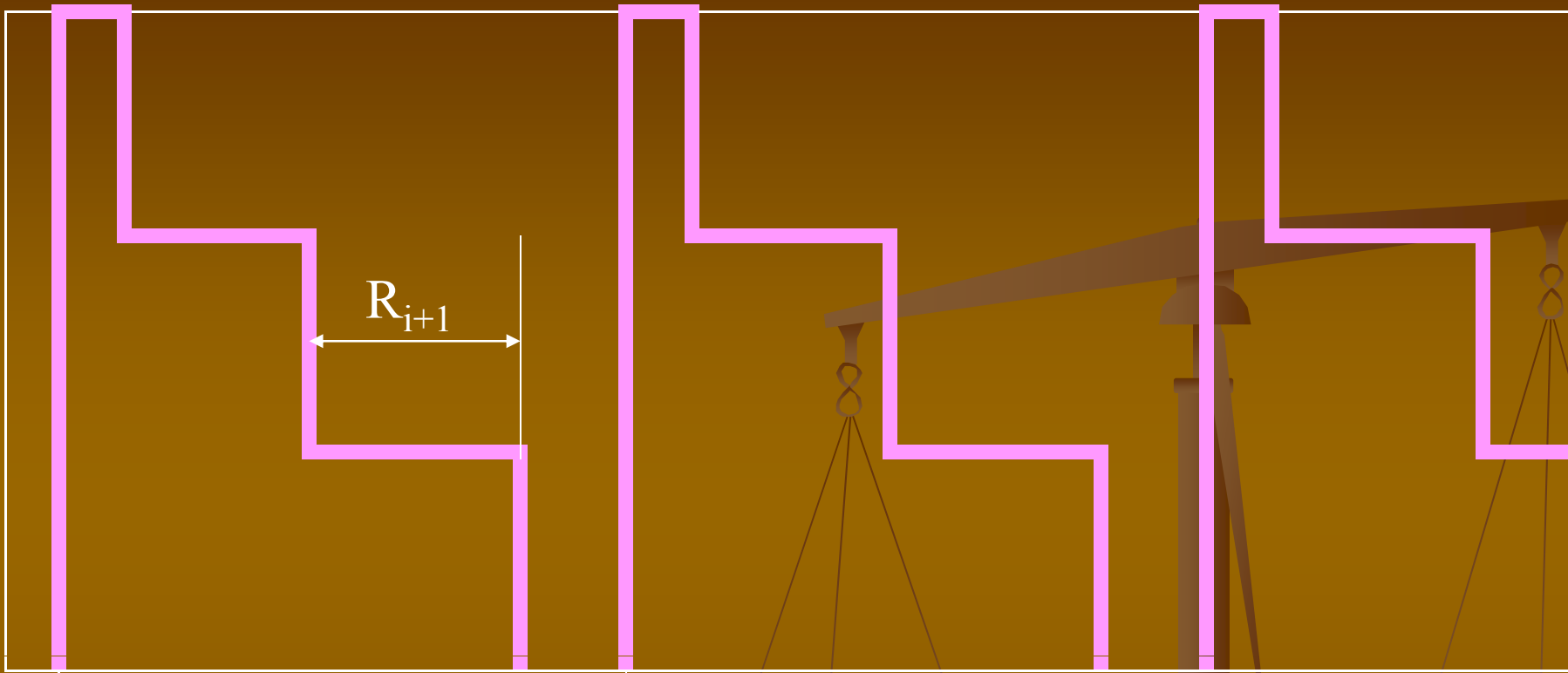
当： $T_i / R < 1$ 时，车间内部在制品为1批或0批；

$T_i / R = 1$ 时，车间内部在制品为1批；

$T_i / R > 1$ 时，车间内部在制品为1批或2批。

② 库存在制品占用量.

库存在制品占用量包括流动在制品占用量和保险在制品占用量。前者由前后两车间的生产批量和间隔期不同而产生，或由出入库时刻不同而产生的，库存在制品变化见下图：



R_{i+1}

R_i

$Q_i=3Q_{i+1}, \quad R_i=3R_{i+1}$

保险在制品占用量： 是为了防止前车间发生意外而影响到后车间的正常生产而设置的。一般根据后车间日需用量和前车间排除故障所需时间两个因素决定。

$$Z_b = T_b \times q$$

Z_b = 保险在制品占用量； T_b = 保险期；

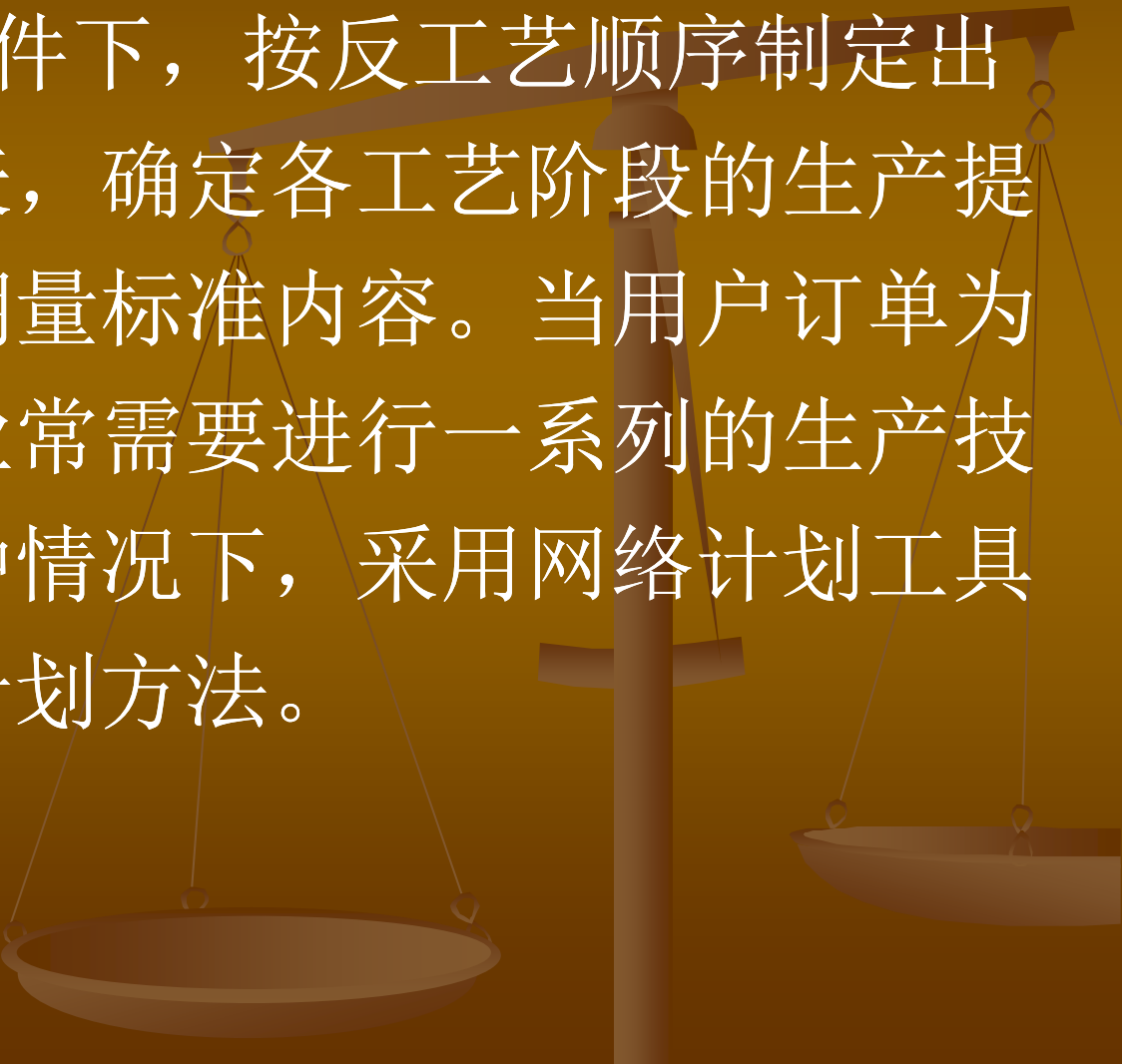
q = 后车间平均日需求量；

四、单件小批生产期量标准

单件小批生产的特点是品种多、按订单生产。

按订单生产的最大问题是生产不均衡，保证交货期是生产作业计划的首要问题。

在单件生产条件下，按反工艺顺序制定出产品生产周期图表，确定各工艺阶段的生产提前期是其主要的期量标准内容。当用户订单为专用产品时，企业常需要进行一系列的生产技术准备工作，这种情况下，采用网络计划工具和方法是有效的计划方法。



■ 第二节 生产作业计划的编制

■ 一、厂部作业计划单位

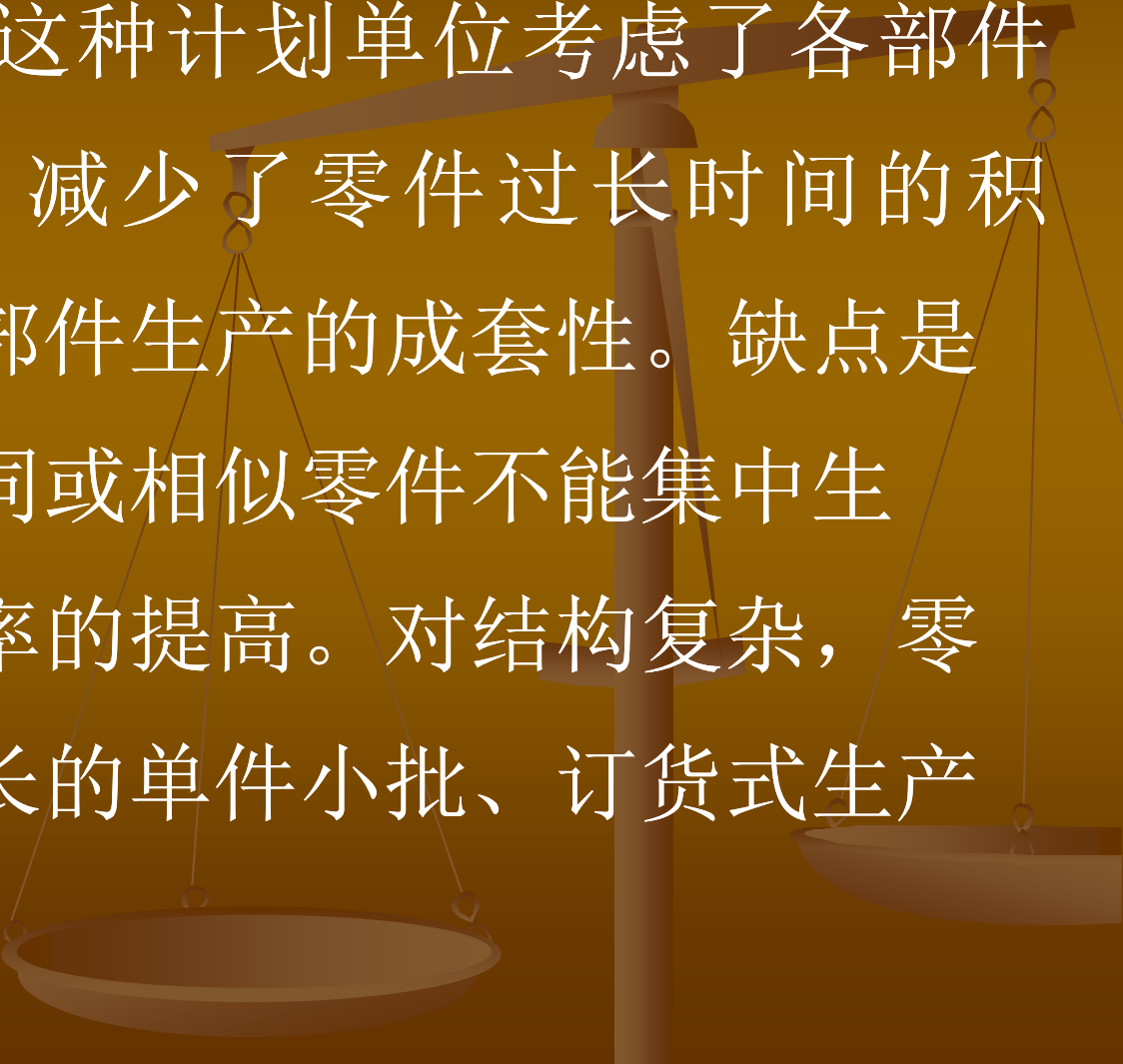
- 计划单位是企业在编制生产作业计划时规定生产任务所用的任务单位。计划单位的粗细决定了厂部和车间之间作业计划工作的纵向分工关系。在机械制造企业，有如下四种：

- 1、台套产品计划单位。厂部以成套产品为单位，向车间下达计划任务，各车间根据零部件分工表，从厂部计划中摘录出属于本车间的任务。

以台套产品为计划单位，优点是厂部的计划工作简单，车间安排计划的机动性较大。缺点是计划工作过粗，不管各零部件所需时间的先后而统一投入，会造成零部件积压时间过长。适用于结构简单、生产周期较短的单件小批生产产品。

2、成套部件计划单位。以产品中的部件所包含的全套零件作为计划单位向车间下达生产作业计划任务。厂部按各部件的先后装配关系，确定各部件的先后投入和出产时间。

各车间均有各部件的零件分工明细表。按厂部下达的部件作业计划任务，从中摘录出属于本车间的任务。这种计划单位考虑了各部件装配的先后关系，减少了零件过长时间的积压，同时也能保证部件生产的成套性。缺点是各部件中包含的相同或相似零件不能集中生产。影响了生产效率的提高。对结构复杂，零件较多、生产周期长的单件小批、订货式生产条件下较为适宜。



- 3、零件组计划单位。按结构、工艺、生产组织特点的相似性，将产品中的零件分成若干个零件组，并按这些零件组为计划单位，下达作业计划任务。优点是：利于组织相似零件的集中生产，扩大生产批量，改善工作地专业化水平，提高生产效率。缺点是，零件的分类成组困难，成套性有一定困难，一般在实施成组技术条件下采用。要求较高的管理水平。

- 4、零件计划单位。以产品中的每种零件为计划单位，向车间下达作业计划任务。厂部根据产品装配使用各零件的先后关系，规定个零件的投入和完工时间。以零件为计划单位，规定了个零件在各车间环节的生产时间，可保证生产过程有较好的衔接性，厂部对生产过程有较强的控制作用。缺点是：厂部作业计划工作量大，当零件较多，品种不稳定的情况下，企业难于应对。因而适用于大批量、品种少且较稳定的条件下。

二、确定车间作业计划任务的方法

1、确定交货期的意义： 出产期与交货期的确定对于对于订货式生产系统作业计划非常重要。交货迅速且准时，可以赢得顾客满意，而正确设定交货期是保证按期交货的前提条件。交货期设置过松，会失去顾客，还会增加成品库存；交货期过紧，超过企业生产能力，将增加生产成本或造成延期交货，导致罚款和信誉损失。常用的交货期设置方法有如下几种：

① CON (Constant): $d_i = r_i + k$

d_i = 产品的完工期; r_i = 产品的到达时间或准备就绪时间; k = 常量, 所有产品相同, 由经验决定。

② RAN (Random): $d_i = r_i + e_i$

e_i = 随机数, 完全按用户的要求来决定。

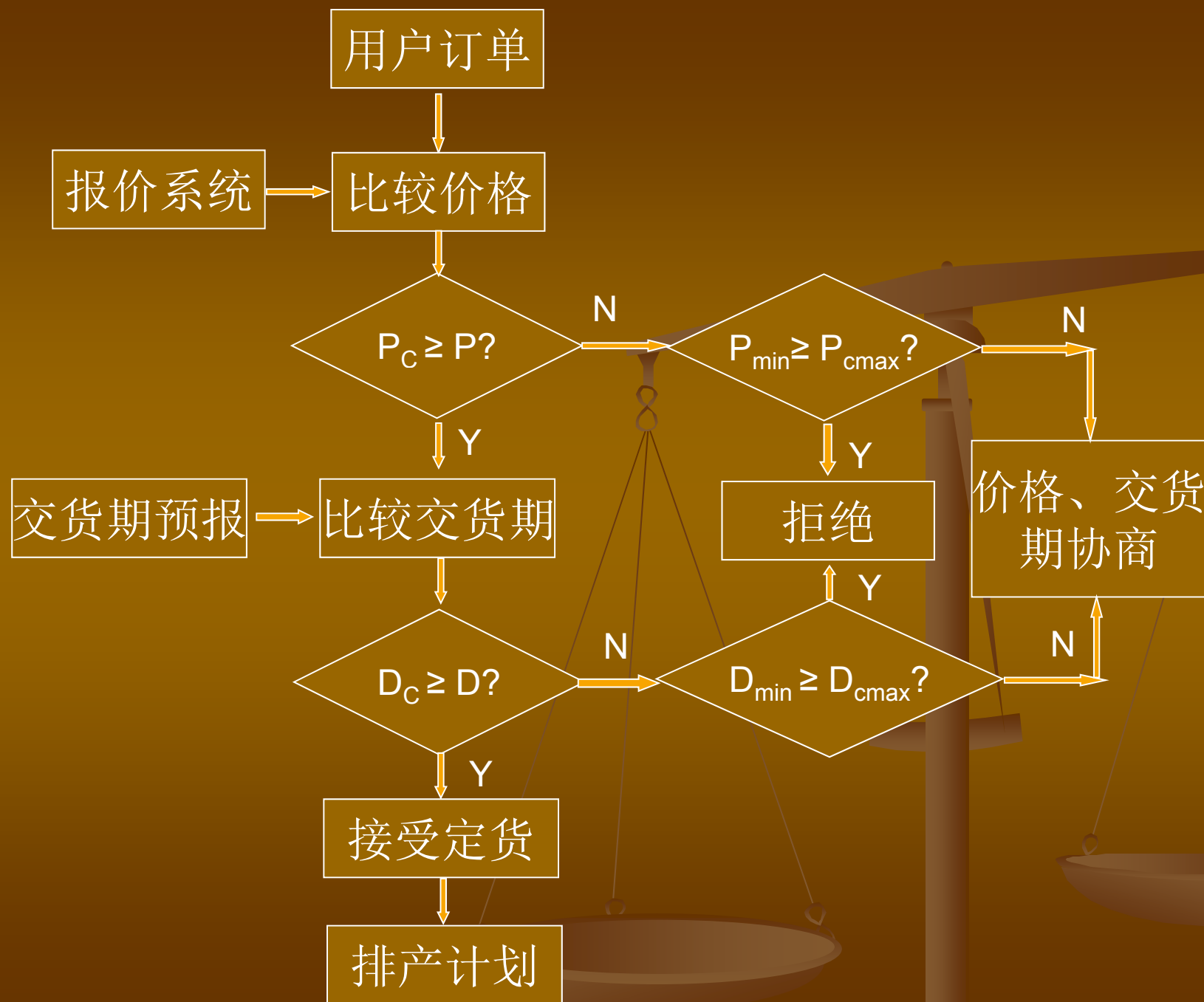
③ TWK (Total Work Content): $d_i = r_i + kp_i$

k 为系数, 由经验确定, 一般取3-8;

p_i 为产品的总工作量。

④ SLK (SLACK): $d_i = r_i + p_i + K$

K = 固定常数。



⑤ NOP (Number of Operations)

$$d_i = r_i + kn_i \quad n_i: \text{产品 } i \text{ 的工序数};$$

2、车间生产任务的确定

① 在制品定额法(连锁法)。

适用于大量大批生产条件下。大量生产下的车间分工、相互衔接关系稳定，生产计划控制的关键是确保前后车间在量上的衔接和车间之间的在制品库数量的变化。

确定各车间任务的计算公式如下：

i车间出产任务量:

$$N_{i,out} = N_{i+1,in} + Z_{i,外销} + (Z_{库,定额} - Z_{库,期初})$$

i车间投入任务量:

$$N_{i,in} = N_{i,out} + Z_{i,废品} + (Z_{i,定额} - Z_{i,期初})$$

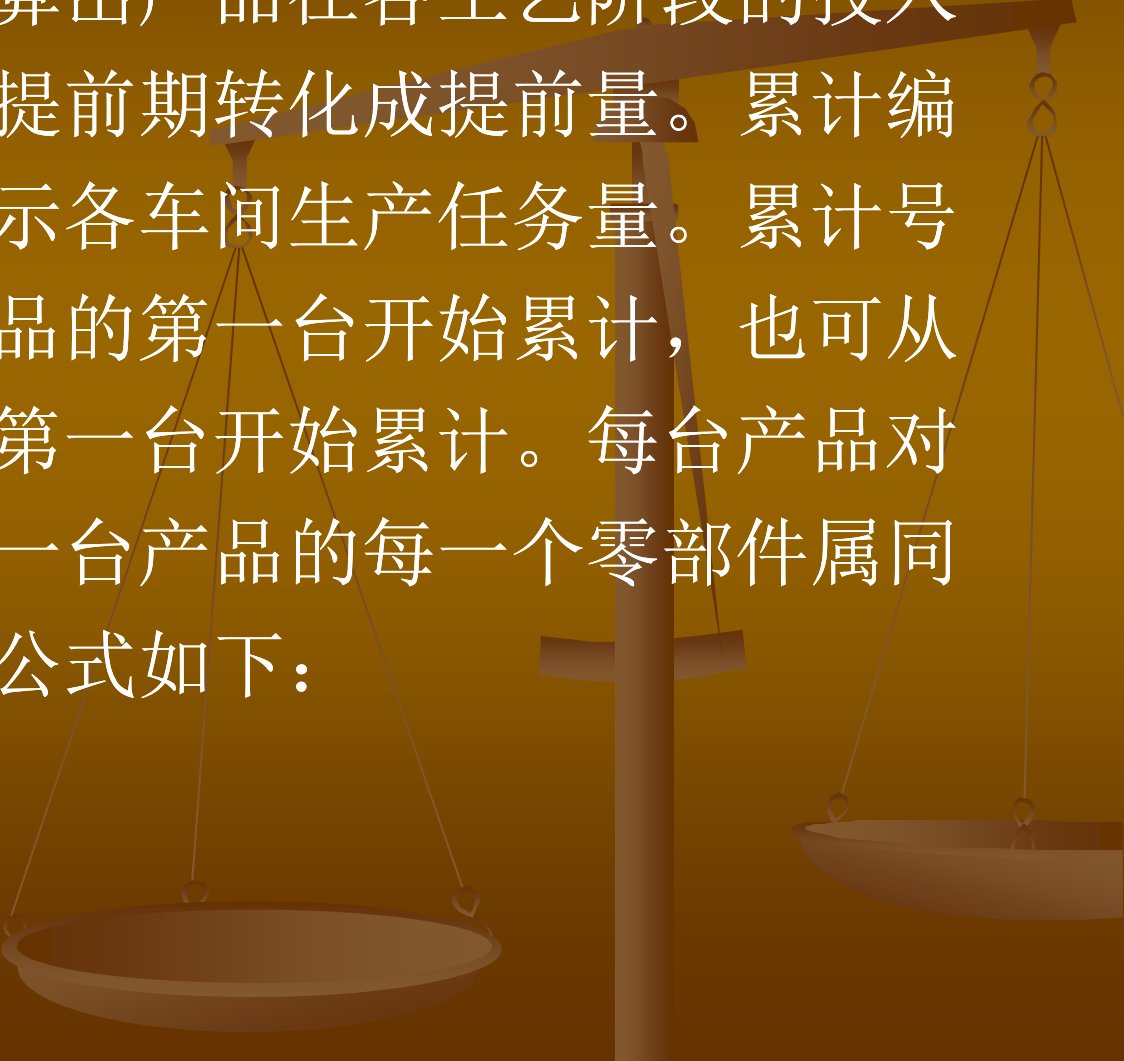
各车间任务量确定后，根据均衡化生产的要求，可把月任务量平均分配到每一天。
例：

零件名称		轴	齿轮	
每台件数		1	4	
装配车间	出产量	10000	40000	
	废品数	--	--	
	在制品占用定额	1000	5000	
	期初在制品占用	600	3500	
	投产量	10400	41500	
零件库	半成品外销量	--	2000	
	半成品占用定额	800	6000	
	期初预计占用量	1000	7100	

零件名称		轴	齿轮	
每台件数		1	4	
加工车间	出产量	10200	42400	
	废品数	100	400	
	在制品占用定额	1800	4500	
	期初在制品占用	600	3400	
	投产量	11500	43900	
毛坯库	半成品外销量	500	2000	
	毛坯储存定额	2000	6000	
	期初预计占用	3000	7100	
	毛坯出产量	11000	44800	

② 提前期法(累计编号法)。

适用于成批多品种生产条件下。根据各产品的完工日期要求，推算出产品在各工艺阶段的投入和出产日期，并把提前期转化成提前量。累计编号法用累计号数表示各车间生产任务量。累计号可以从生产某种产品的第一台开始累计，也可从年初生产该产品的第一台开始累计。每台产品对应一个累计号，同一台产品的每一个零部件属同一个累计号。计算公式如下：



i车间计划期出产累计号数:

$$N'_{i,出} = N'_{装} + D_{i,出} \times q_{装}$$

i车间计划期投入累计号数:

$$N'_{i,投} = N'_{装} + D_{i,投} \times q_{装}$$

i车间出产任务量:

$$N_{i,出} = N'_{i,出} - N''_{i,出}$$

$N''_{i,出}$ = i车间上一期已完成出产的累计号数。

i车间投入任务量:

$$N_{i,出投} = N'_{i,投} - N''_{i,投}$$

$N''_{i,投}$ = i车间上一期已完成投入的累计号数。

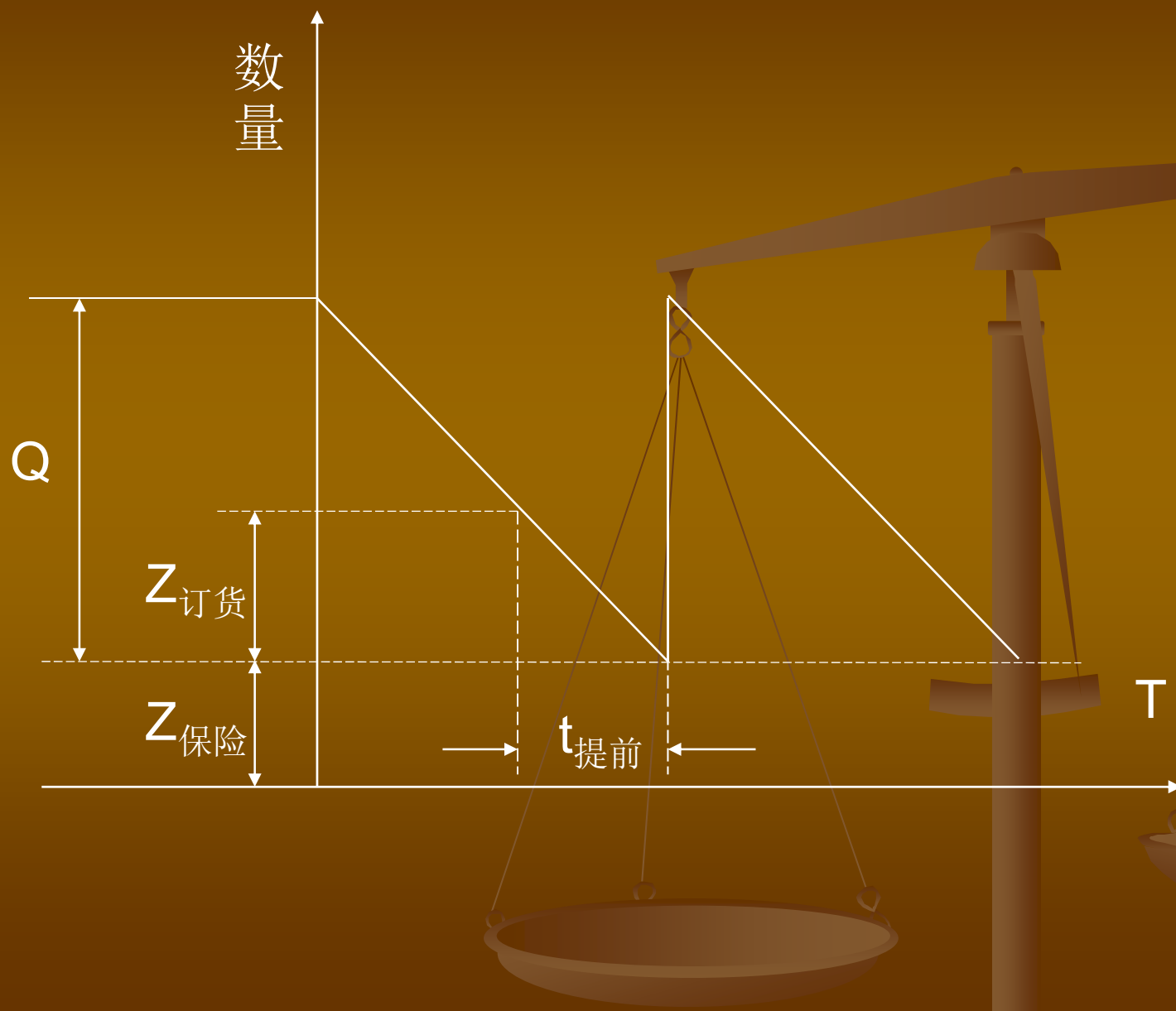
③ 生产周期法。

在实行订货式、单件多品种生产条件下，计划的关键是保证交货期，为此，必须根据各项订货任务在各环节的加工周期、画出各项任务的生产周期图表，考虑用户要求的交货期和各环节的生产能力等资源的负荷情况，确定各任务在各阶段的投入和出产时间。

④ 订货点法。

对品种繁多、价值较小、耗用量和时间随机的对象，如标准件和通用件，采用订货点法确定任务。

采用订货点法，就是确定各种零件合理的生产批量，每次生产一个批量交到仓库，需用的车间到仓库去领用，当库存量下降到规定限度时，仓库立即向有关车间和部门发出生产通知，生产车间立即组织生产。生产完后交到仓库。

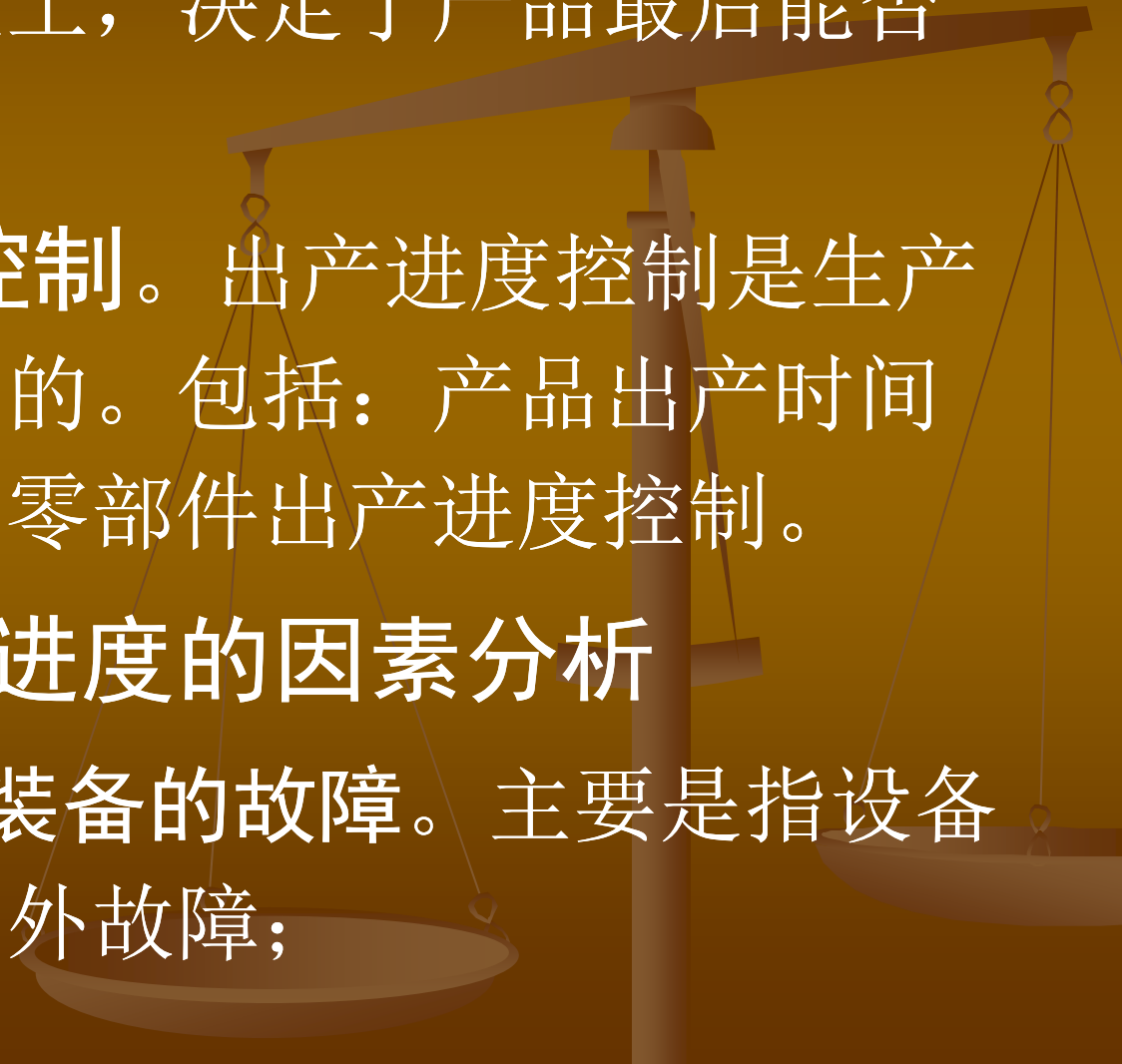


第三节 生产作业计划进度控制

一、生产计划进度控制的主要内容

进度控制与整个生产过程有关，生产过程任一环节出现延误，都将影响到生产作业计划进度。

- 1、投入进度控制。包括从原材料投入、各车间的半成品投入、及装配车间的零件投入均在此列。要保证产品按计划出产，必须按其在各环节的投入提前期，保证其在各环节按计划准时投产。



■ 2、过程进度控制。对各环节的加工进度进行控制，包括关键工序的进度控制。各环节能否按时完工，决定了产品最后能否准时完工交货。

■ 3、出产进度控制。出产进度控制是生产进度控制最终目的。包括：产品出产时间和数量的控制，零部件出产进度控制。

■ 二、影响生产进度的因素分析

1、设备和工艺装备的故障。主要是指设备和工艺装备的意外故障；

2、**物料供应脱节**。供应脱节一方面是指外部供应的物料脱节，另一方面是指生产过程内部各环节衔接不上，造成停工待料。停工待料意味着生产能力的浪费。生产周期不合理地延长。

3、**发生质量事故**。当生产过程出现质量事故时，将产生次品或废品，此外，质量问题及其原因排除之前，生产过程必须停止。因而影响到生产计划进度。

4、**员工缺勤**。员工缺勤造成设备无人操作，实行流水线生产的情况下，若员工缺勤，将造成整条流水线停产。

因此，必须正确地进行劳动组织。

三、控制生产进度的措施

1、设置保险库存量。设置保险库存可有效地避免一些意外事故造成的停产。但将增加企业的流动资金占用量，占用大量的库房面积及库房管理人员，还将产生库存损耗。

2、合理安排设备维修。实行设备计划维修制，安排在非生产时间进行设备维修和抢修，实行快速设备维修法(如部件更换法)。

3、加班加点和任务转移。

在制度工作时间为非三班制条件下，当需要加快生产进度时，可安排有关环节加班加点；当加班加点仍满足不了进度要求时，可考虑发外协作加工。这种途径简单易行，但将增加生产成本。

4、推行一岗多能制或配备适量后备工人。

为减少员工缺勤造成的停工影响，可结合技术考核升级，对员工进行定期轮岗培训，培养多面手。

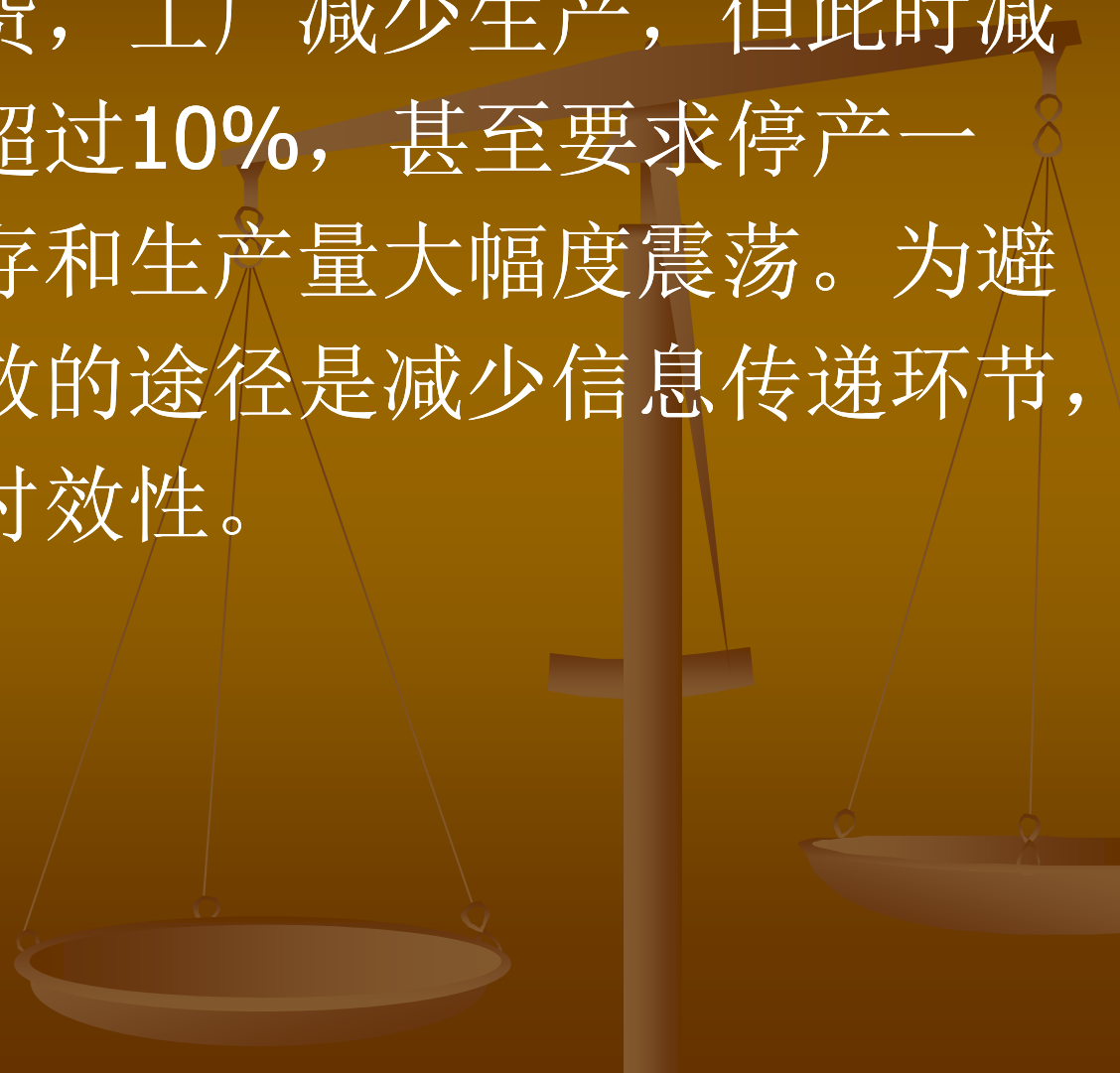
四、备货式生产条件下-适应需求变化的动态调整

一般情况下，企业获取市场信息的渠道为：

企业计划部←工厂成品库←批发商←零售商

企业计划部门根据市场需求变化的信息来调整生产计划，但当信息传递存在滞后延误时，将使生产量的产生大幅波动。设信息滞后30天，当市场需求量下降10%时，在信息滞后期内，工厂仍保持原水平进行生产，每天将生产出需求量的111%($1 \div 0.9$)，即每天有11%的产品将积压在各级仓库。

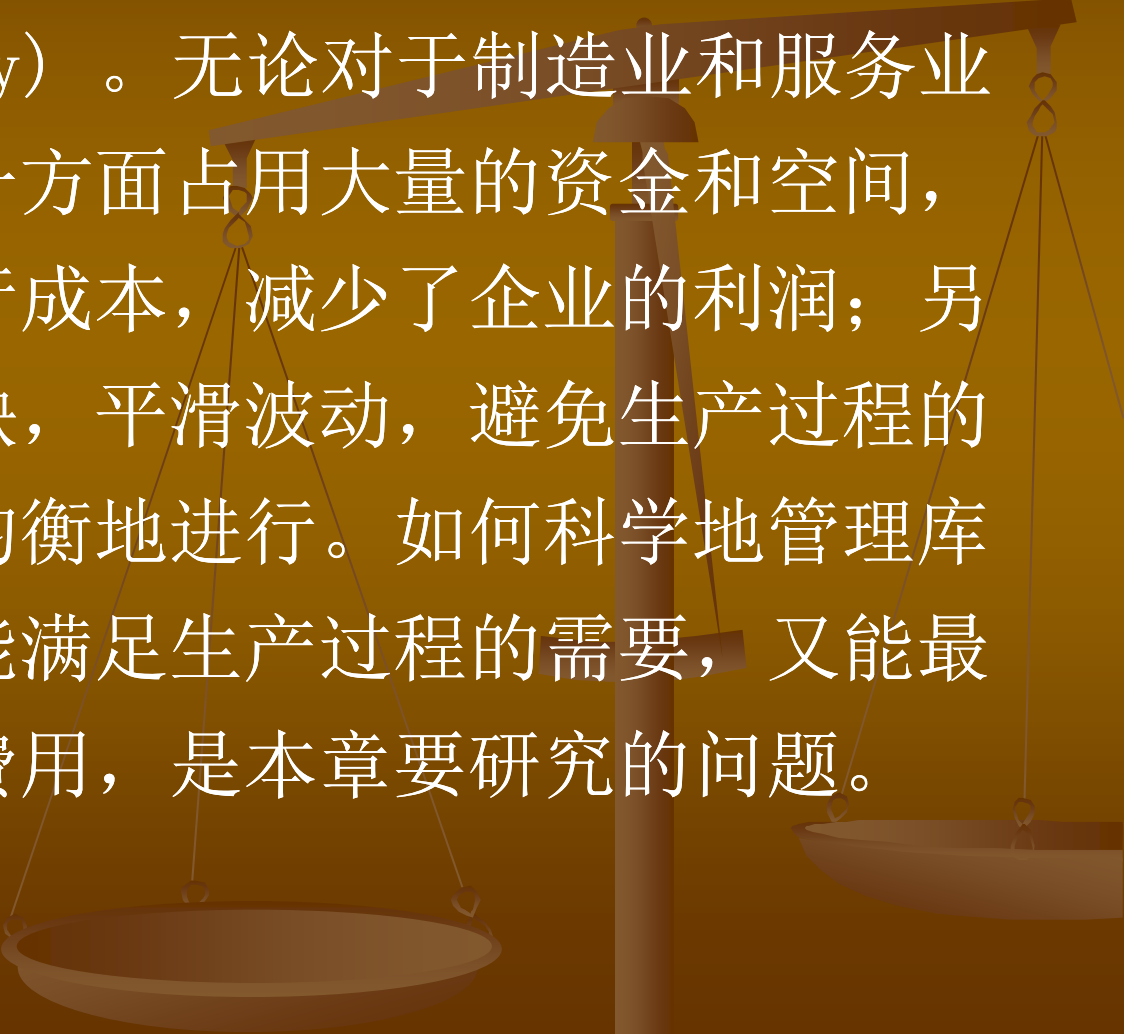
当信息到达工厂时，累计库存已增加到正常水平的 $11\% \times 30 = 330\%$ ，为此，零售商和批发商减少订货，工厂减少生产，但此时减少的幅度将大大超过10%，甚至要求停产一段时间，造成库存和生产量大幅度震荡。为避免这种问题，有效的途径是减少信息传递环节，提高信息传递的时效性。



第七章 独立需求库存控制与优化

第一节 库存

库存(Inventory)。无论对于制造业和服务业都极其重要。库存一方面占用大量的资金和空间，增加了生产系统运行成本，减少了企业的利润；另一方面它能防止短缺，平滑波动，避免生产过程的间断，使生产过程均衡地进行。如何科学地管理库存，从而使库存既能满足生产过程的需要，又能最大限度地降低占用费用，是本章要研究的问题。



一、物流(material flow)

生产运作过程伴随着物流运动。制造业中，物料的供应、储存、加工制造、成品销售过程组成物流过程。物流过程的有些环节是增值的，而有些环节是不增值的。搞好物流管理，不仅能满足消费者要求，而且利于提高企业的利润。

二、库存的作用

①、缩短订货单的供货周期。

对订货量小，订货次数多、订货时间随机的用户，保持适量的库存，可满足随时订货和随时提货的要求。

②、稳定供应、平滑波动。

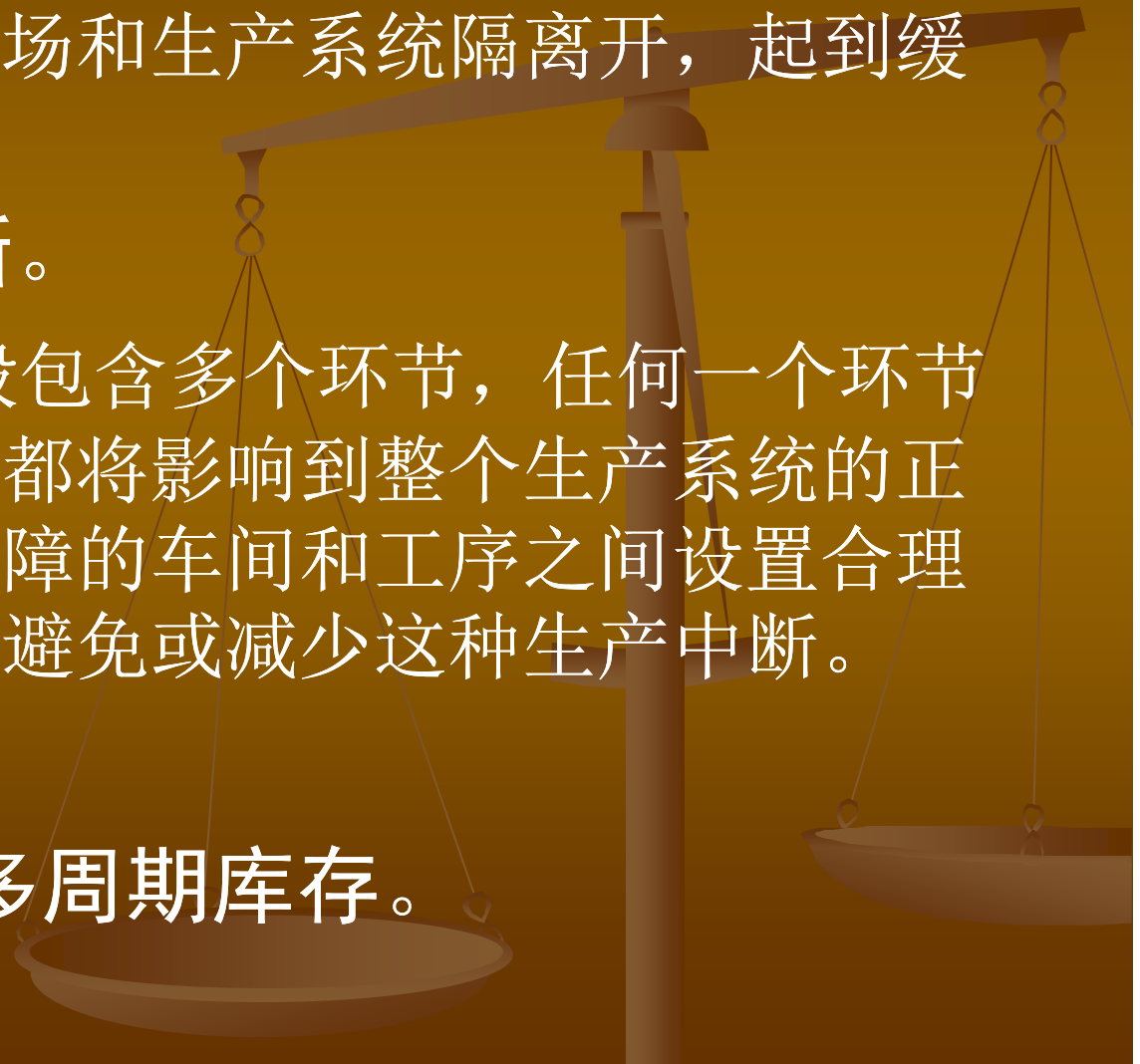
需求不稳定，带来生产不均衡，同理生产过程出问题也将使供应脱节，因此一定量的库存，就像蓄水池，把市场和生产系统隔离开，起到缓冲的作用。

③、防止生产中断。

生产过程一般包含多个环节，任何一个环节出现故障和问题，都将影响到整个生产系统的正常运行，在易出故障的车间和工序之间设置合理的库存，可有效地避免或减少这种生产中断。

三、库存的分类

①单周期库存和多周期库存。



- ## 单周期需求

是指需求仅发生在比较短的一段时间内，或库存时间不能太长的需求，也称为一次性订货量问题；一般发生在下面两种情况：偶然发生的物品需求；经常发生，但生命周期短、数量不确定的物品需求。对这类物品的控制问题称为单周期库存问题。（如：奥运纪念章、新年贺卡、报刊杂志、鲜鱼）

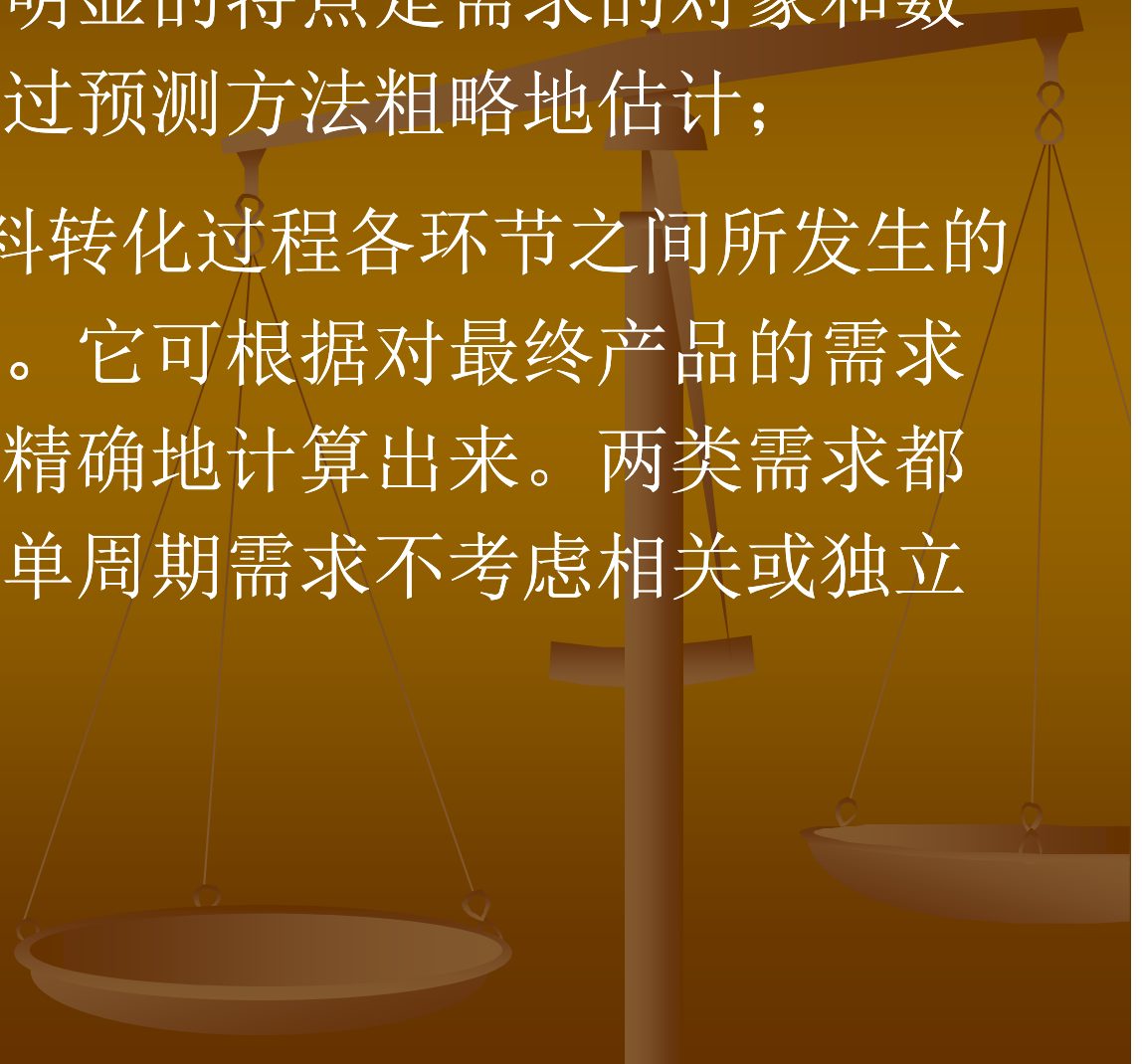
- ## 多周期需求

指在足够长的时间里对某种物品重复的连续的需求，其库存需要不断地补充。如工厂常用的原材料、零配件等物料。

②独立需求库存和相关需求库存

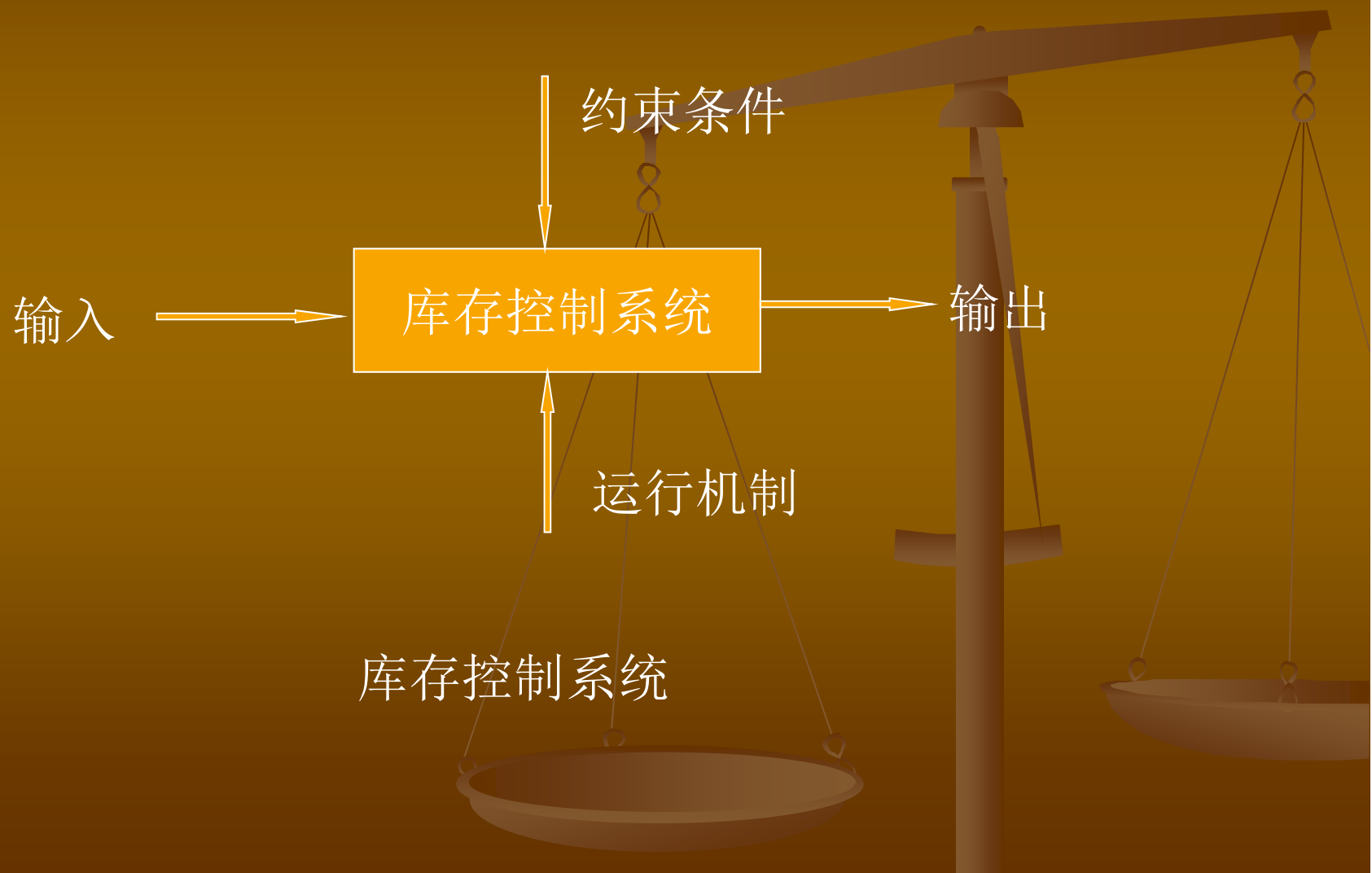
来自用户的对企业产品和服务的需求为**独立需求**。独立需求的最明显的特点是需求的对象和数量不稳定，只能通过预测方法粗略地估计；

企业内部物料转化过程各环节之间所发生的需求称为**相关需求**。它可根据对最终产品的需求以及产品的结构而精确地计算出来。两类需求都是多周期需求，而单周期需求不考虑相关或独立的问题。



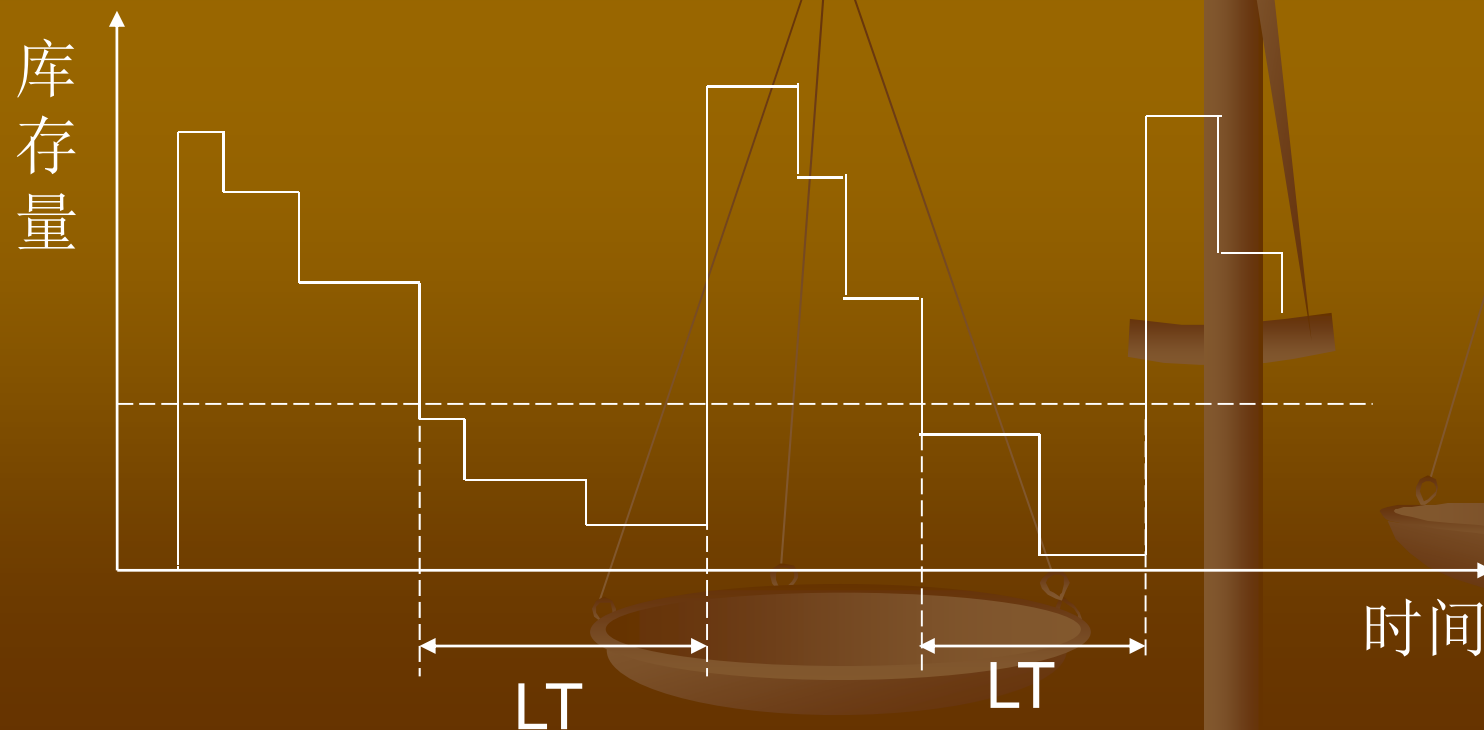
四、库存控制系统

1、控制系统结构



2、控制系统运行模式

① 定量控制模式。就是订货点(Reorder Point)和订货批量固定，当实际库存降到订货点时，向供应商发出订货单。从发出订单，到货物入库所经时间为订货提前期，提前期一般为随机变量。

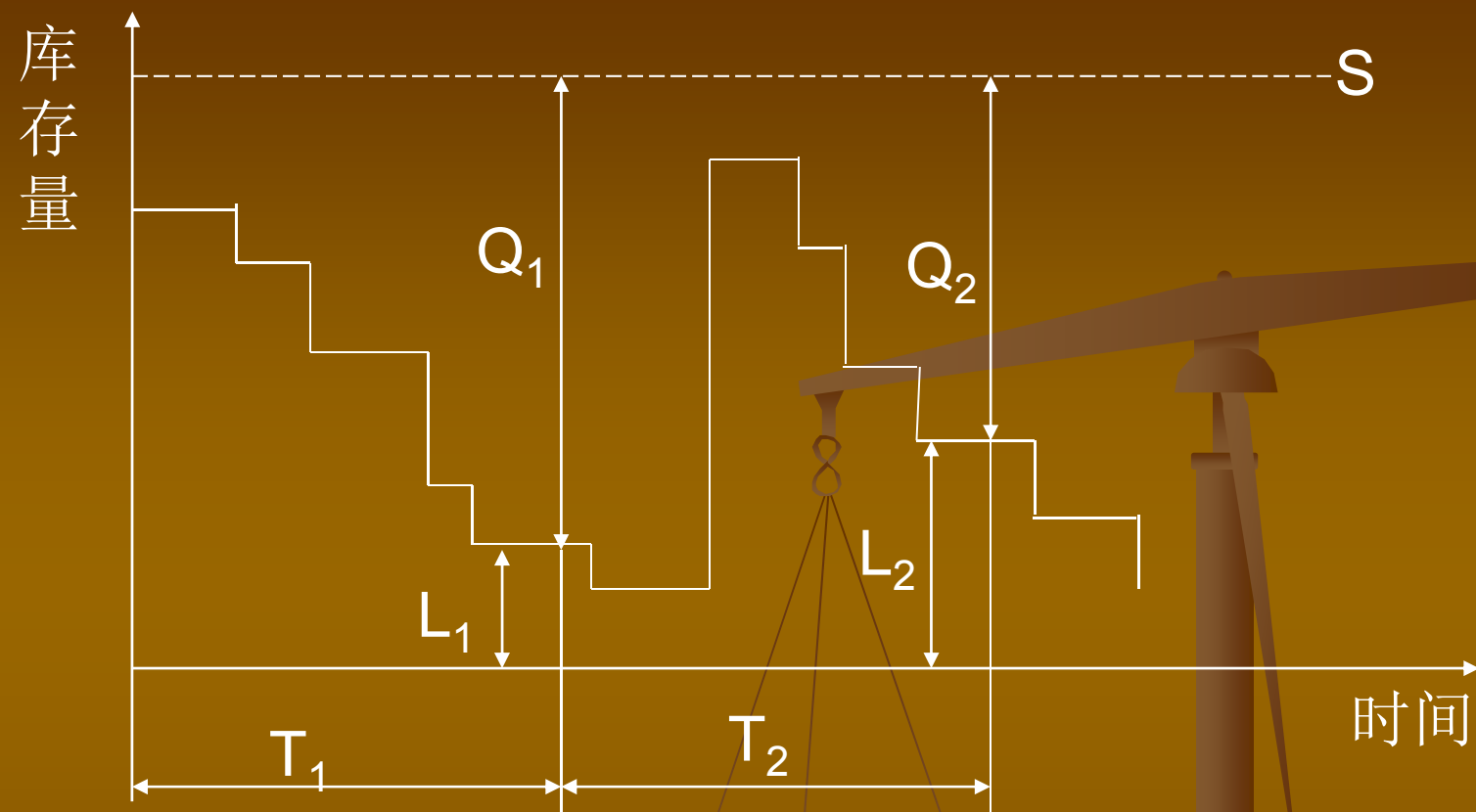


这种方式必须实时监控物料库存量，一旦某种物料达到订货点数量时，要确保能及时发出警报。人工控制一般用双堆法。用计算机管理库存，则可设置库存报警系统。

② 定期控制模式。

定期控制系统是每经过一个固定的时间段，则发出一个订单，但每次订货量要根据库存实际变化来决定。即订货量由预定最大库存量减去订货时的实际库存量。

定期控制模式避免了随时检查库存的麻烦，简化了管理，节省了订货费。



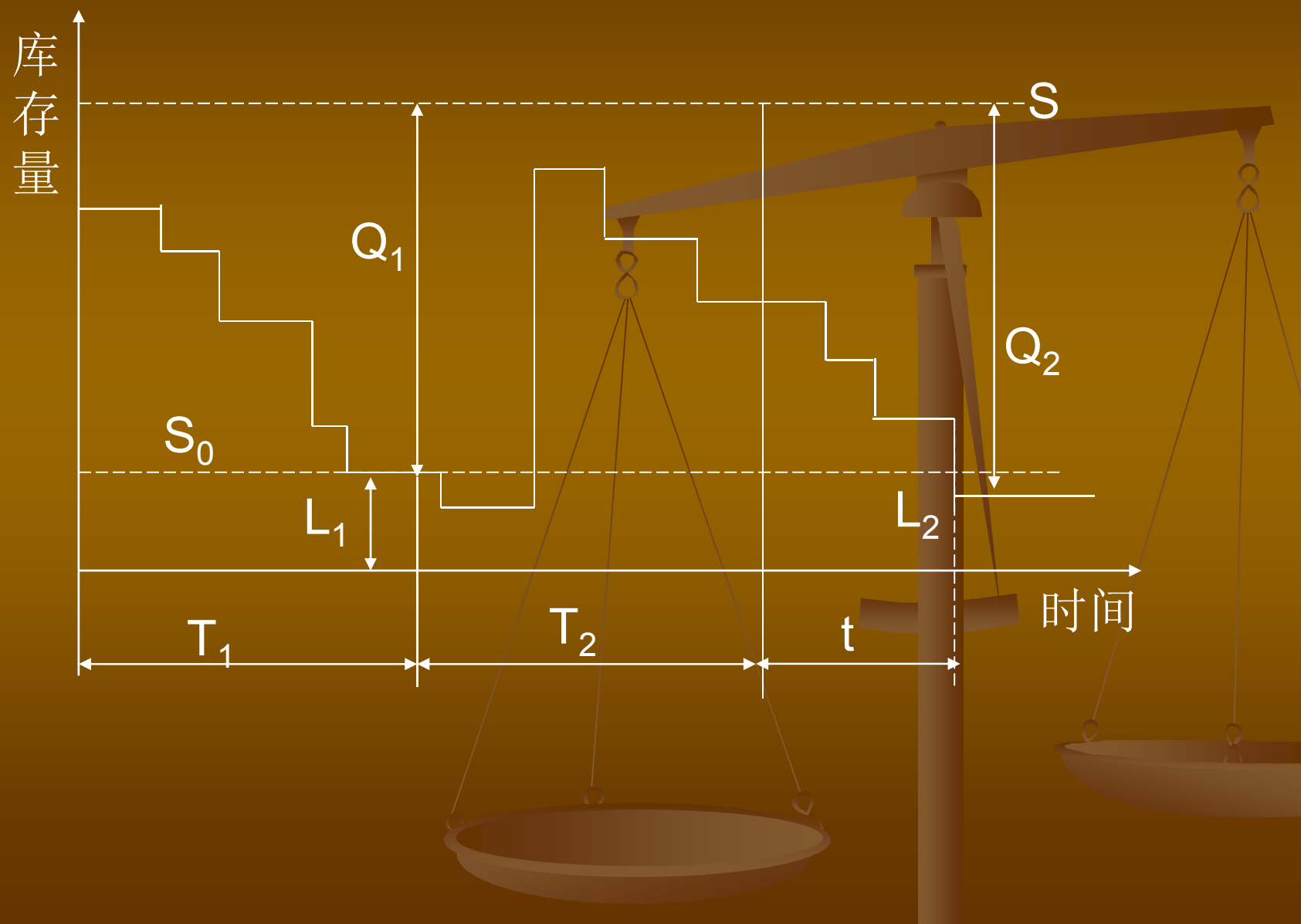
库存定期控制模式

订货量: $Q_1 = S - L_1$; $Q_2 = S - L_2$; $T_1 = T_2 = \dots = T_n$

③ 最大最小控制系统。

在定期控制系统的基础上，再加入一个最小库存量 S_0 标准，当经过时间间隔 T ，如果实际库存降到 S_0 以下，则发出订货，若实际库存大于 S_0 ，则再经过时间 t 后再考虑是否发出订货。





3、库存控制模型。

(一) 单周期库存模型。

对于单周期需求库存，控制的关键在于确定订货批量。而订货批量应等于预测的需求量。

① 损失期望值最小化法。

订货批量 Q 大于或小于需求量 d ，都将导致损失。前种情况是造成商品积压处理损失，后种情况带来机会损失。

$$E_L(Q) = \sum_{d>Q} C_u(d - Q)p(d) + \sum_{d<Q} C_o(d - Q)p(d)$$

例：某商店准备订购一批挂历供应市场，根据近年来的销售统计资料预测，各种可能的销售量及其概率如下：

某商店挂历的市场需求预测					
需求d	100	200	300	400	500
概率p(d)	0.15	0.25	0.25	0.2	0.15

已知进货价为20元/本，售价50元/本，若一个月内卖不出完，则每本挂历要亏20元，要求确定最佳订货量。

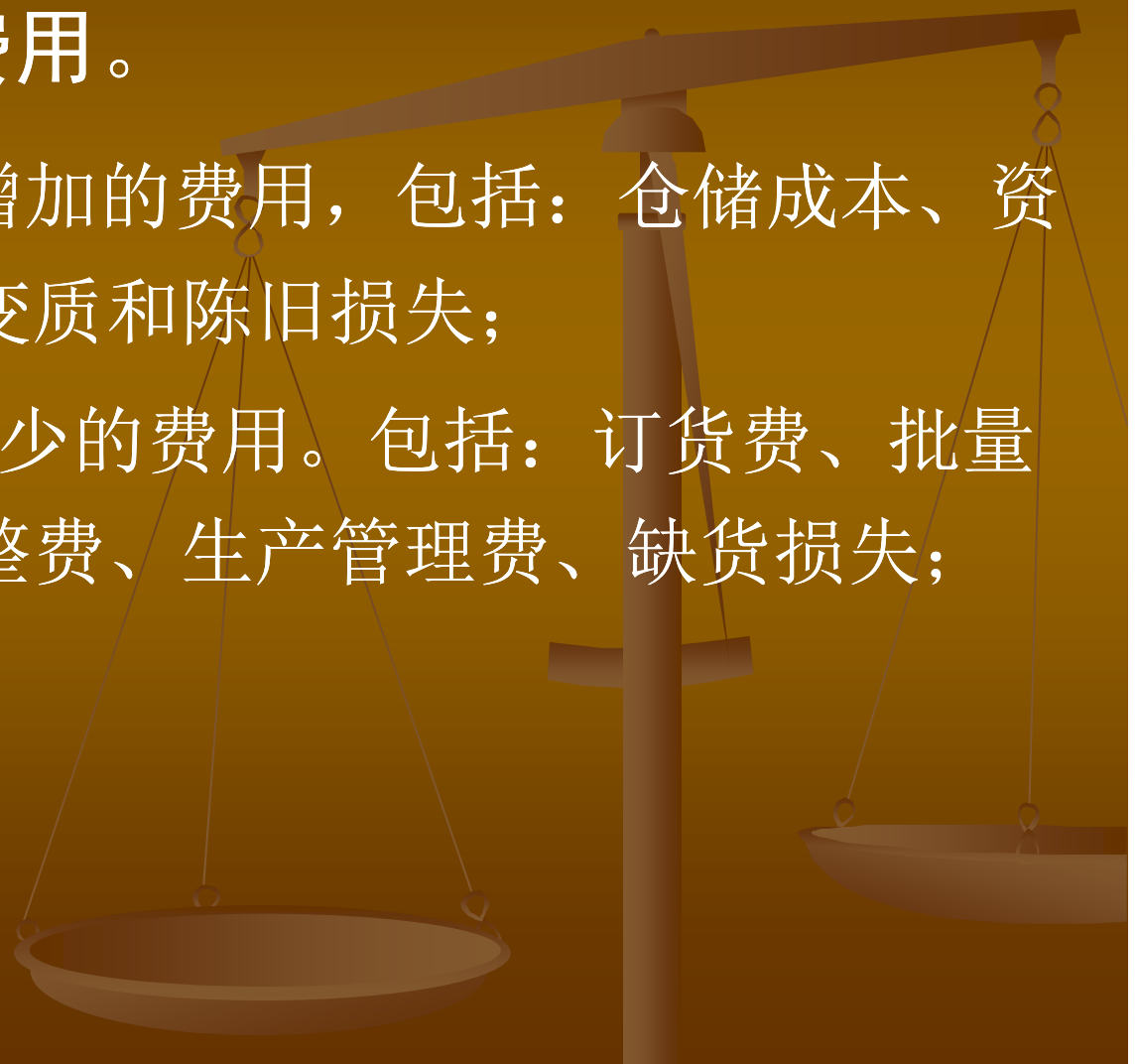
需 求 订 货	100	200	300	400	500	期望值 (千元)
	0.15	0.25	0.25	0.2	0.15	
100	0	3000	6000	9000	12000	5.85
200	2000	0	3000	6000	9000	3.6
300	4000	2000	0	3000	6000	2.6*
400	6000	4000	2000	0	3000	2.85
500	8000	6000	4000	2000	0	4.1

计算结果可知，最佳订货量为300份。

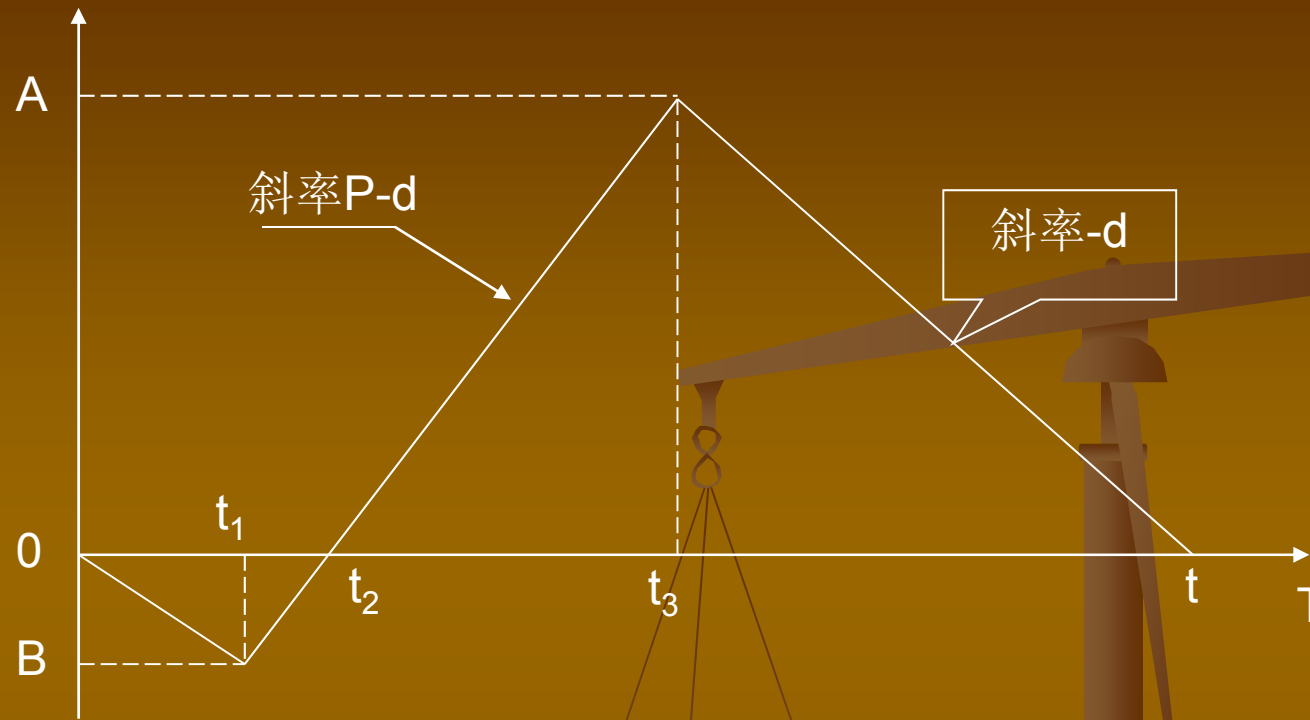
(二) 多周期库存模型

1、与库存有关的费用。

- ① 随库存量增加而增加的费用，包括：仓储成本、资金占用成本、物料变质和陈旧损失；
- ② 随库存量增加而减少的费用。包括：订货费、批量价格折扣、设备调整费、生产管理费、缺货损失；



2、允许缺货补充时间较长的库存控制模型：



- 从时间0- t_1 看，最大缺货量 $B=dt_1$ ；
- 从时间 t_1 - t_2 看，最大缺货量 $B=(p-d)(t_2-t_1)$
- 故有： $dt_1=(p-d)(t_2-t_1)$ ，解得：
$$t_1=(p-d)t_2/p \text{ ----- (1)}$$

■ 从 $[t_2, t_3]$ 看，最大库存量： $A=(p-d)(t_3-t_2)$ ；

从 $[t_3, t]$ 看，最大库存量： $A=d(t-t_3)$ ；

故有： $(p-d)(t_3-t_2)=d(t-t_3)$ ；

或： $p(t_3-t_2)=d(t-t_2)$ ----(2)；

库存费为： C_1 =单位时间单位物料储存费

$$0.5 C_1 (P-d) (t_3-t_2) (t-t_2) ;$$

缺货费： $0.5dC_2t_1t_2$ ； C_2 =单位物料单位缺货费

一个周期内平均费用： $(C_3$ =一次准备结束费)

$$C(t, t_2)=[0.5 C_1 (P-d) (t_3-t_2) (t-t_2) \\ +0.5 d C_2 t_1 t_2 + C_3] / t \text{---(3)}$$

- 分别对 t_1 , t_2 求偏导, 并令其为零, 可求得:

$$t^* = \sqrt{\frac{2C_3}{C_1 d}} \sqrt{\frac{C_1 + C_2}{C_2}} \sqrt{\frac{P}{P - D}}$$

经济批量: $Q^* = D t^*$;

缺货补足时间: $t_2^* = \frac{C_1}{C_1 + C_2} t^*$;

开始生产时间: $t_1^* = \frac{P - d}{P} t_2^*$

结束生产时间: $t_3^* = \frac{D}{P} t^* + \left(1 - \frac{D}{P}\right) t_2^*$

- 最大库存量: $A^*=D(t^*-t_3^*)$
- 最大缺货量: $B^*=Dt_1^*$
- 平均总费用: $C^*=2C_3^*/t^*$

例：企业生产某产品，正常条件下每天生产10件，根据供货合同，须按每天7件供货，库存费每件每天0.13元，缺货费每件每天0.5元，每次生产准备费为80元，求最优库存策略。

解：已知 $P=10$ 件/天； $d=7$ 件/天；
 $C_1=0.13$ 元/天.件； $C_2=0.5$ 元/天.件， $C_3=80$ 元/次

■ 代入各公式：

$$t^* = \sqrt{\frac{2 \times 80}{0.13 \times 7}} \sqrt{\frac{0.13 + 0.5}{0.5}} \sqrt{\frac{10}{10 - 7}} = 26.7 \text{天}$$

$$Q^* = 7 \times 26.7 = 193.2 \text{件/次};$$

$$t_2^* = \frac{0.13}{0.13 + 0.5} \times 26.7 = 5.5 \text{天};$$

$$t_1^* = \frac{10 - 7}{10} \times 5.5 = 1.7 \text{天};$$

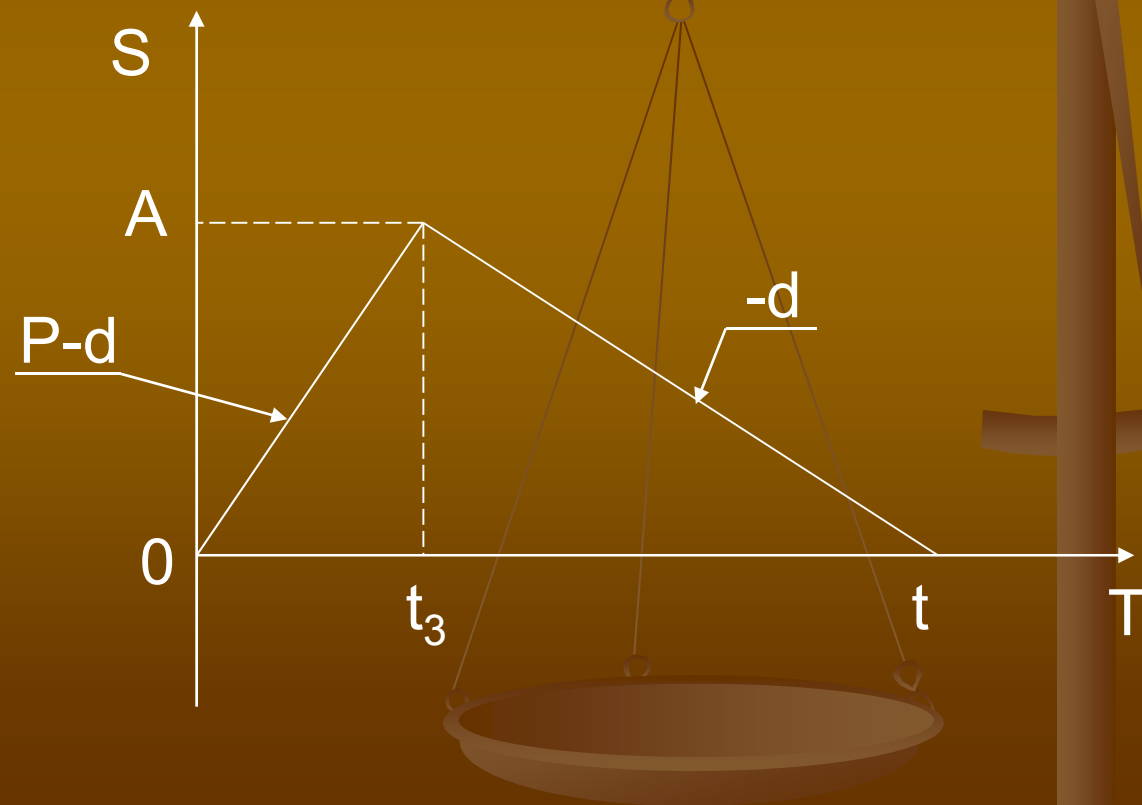
$$t_3^* = 7 / 10 \times 26.7 + (1 - 7 / 10) \times 5.5 = 21 \text{天}$$

最大库存量: $A^* = 7 \times (27.6 - 21) = 46.2$ 件;

最大缺货量: $B^* = 7 \times 1.7 = 11.9$ 件;

平均总费用: $C^* = 2 \times 80 \div 27.6 = 5.8$ 元/天。

(3) 不允许缺货, 考虑补充时间的库存控制模型



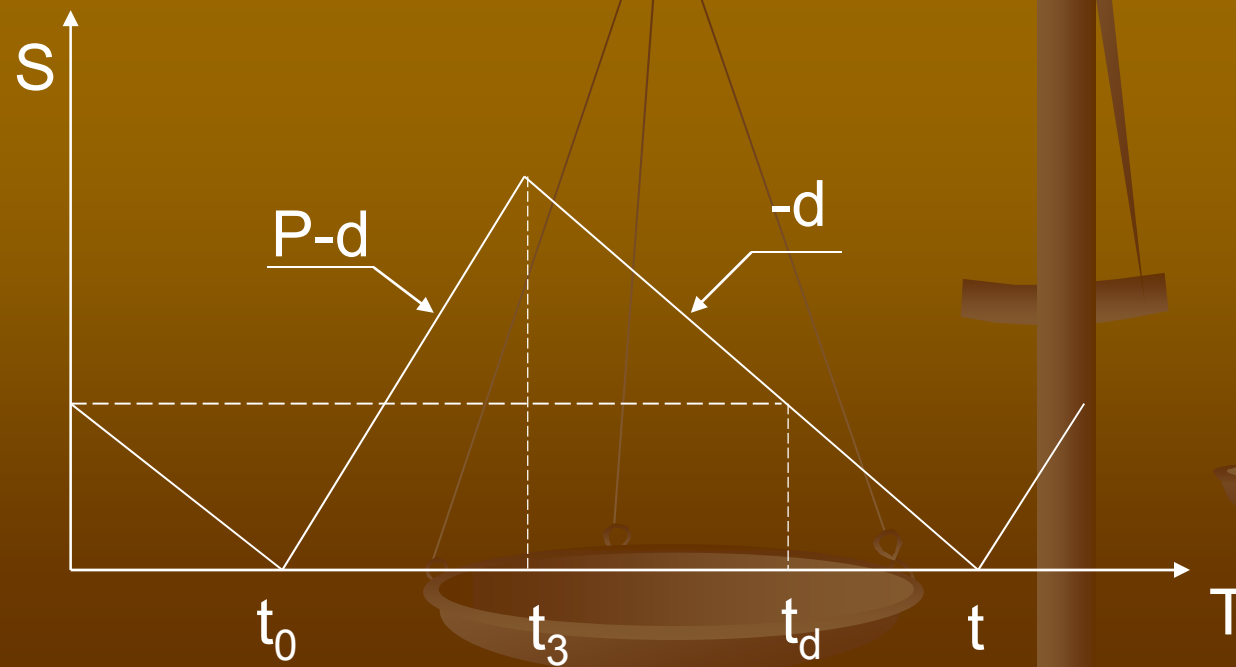
$$t^* = \sqrt{\frac{2C_3}{C_1 d \left(1 - \frac{d}{P}\right)}};$$

$$Q^* = dt^*; \quad t_3^* = \frac{d}{P} t^*;$$

$$A^* = d(t^* - t_3^*) = d \left(1 - \frac{d}{P}\right) t^*;$$

$$C^* = \frac{2C_3}{t^*}$$

例：商店经销某商品，月需求量为30件，需求速度为常数，该商品进价为300元，库存费为0.2元/天·件，一次订货费20元/次，提出订货后5天可到货，到货速度为常数，每天为2件，不容许缺货，求最优库存策略。



根据题意： $d=1$ 件/天； $p=2$ 件/天；

$c_f=0.2$ 元/天. 件； $c_3=20$ 元/次； $t_0=5$ 天

代入相关公式可得：

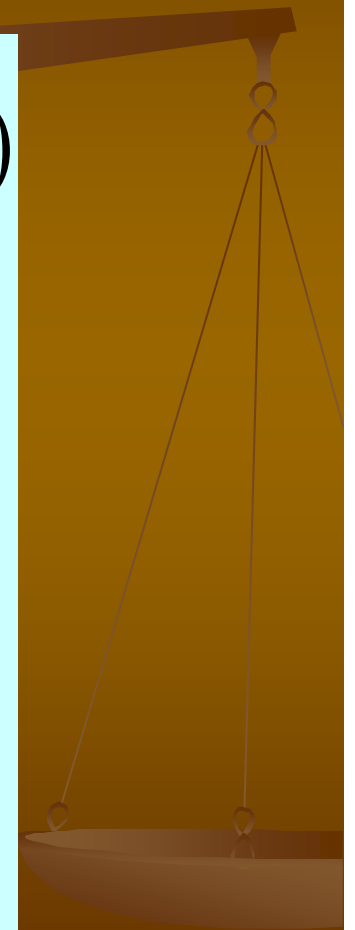
$$t^* = \sqrt{\frac{2C_3}{C_1 d \left(1 - \frac{d}{P}\right)}} = \sqrt{\frac{2 \times 20}{0.2 \times 1 \left(2 - \frac{1}{2}\right)}} = 20(\text{天})$$

$$Q^* = dt^* = 1 \times 20 = 20(\text{件});$$

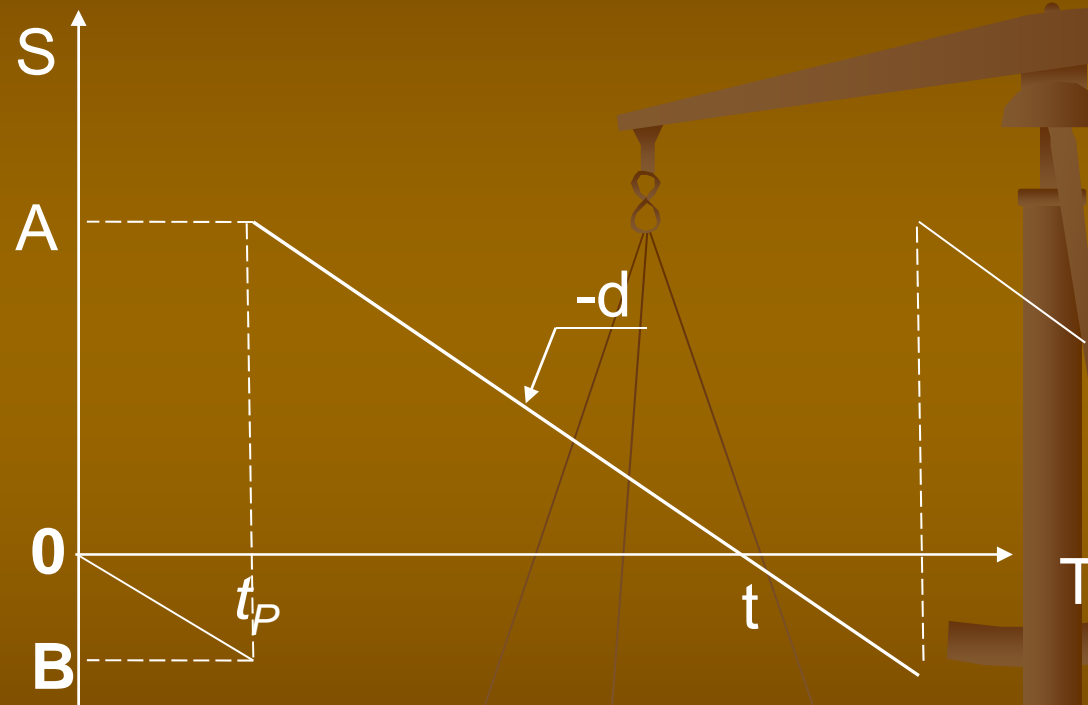
$$t_3^* = \frac{d}{p} t^* = \frac{1}{2} \times 20 = 10(\text{天});$$

$$A^* = d(t^* - t_3^*) = 1 \times (20 - 10) = 10(\text{件});$$

$$C^* = \frac{2 \times 20}{20} = 2(\text{元})$$



3、容许缺货，忽略补充时间的库存模型。



根据上图，建立总费用模型后，求得最优库存方案如下：

$$t^* = \sqrt{\frac{2C_3(C_1 + C_2)}{C_1C_2d}};$$

$$Q^* = dt^*;$$

$$t_p^* = \frac{C_1}{C_1 + C_2} t^*;$$

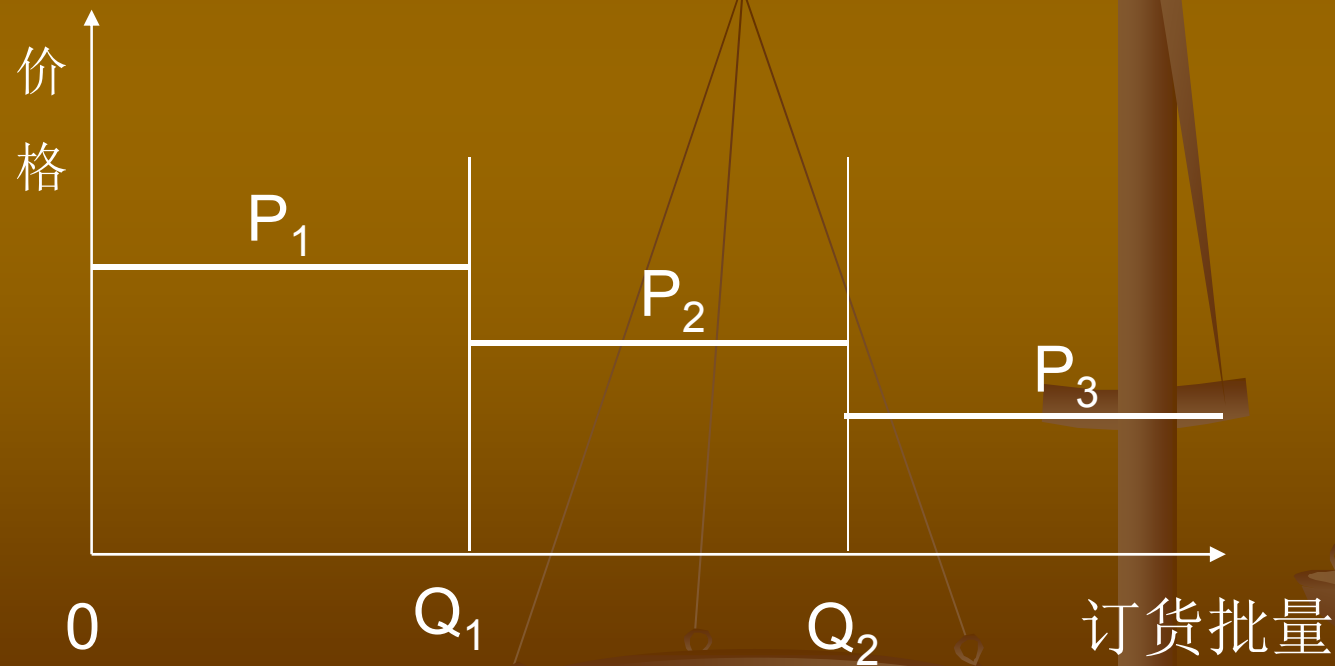
$$A^* = \frac{dC_2}{C_1 + C_2} t^*;$$

$$B^* = \frac{C_1D}{C_1 + C_2} t^*;$$

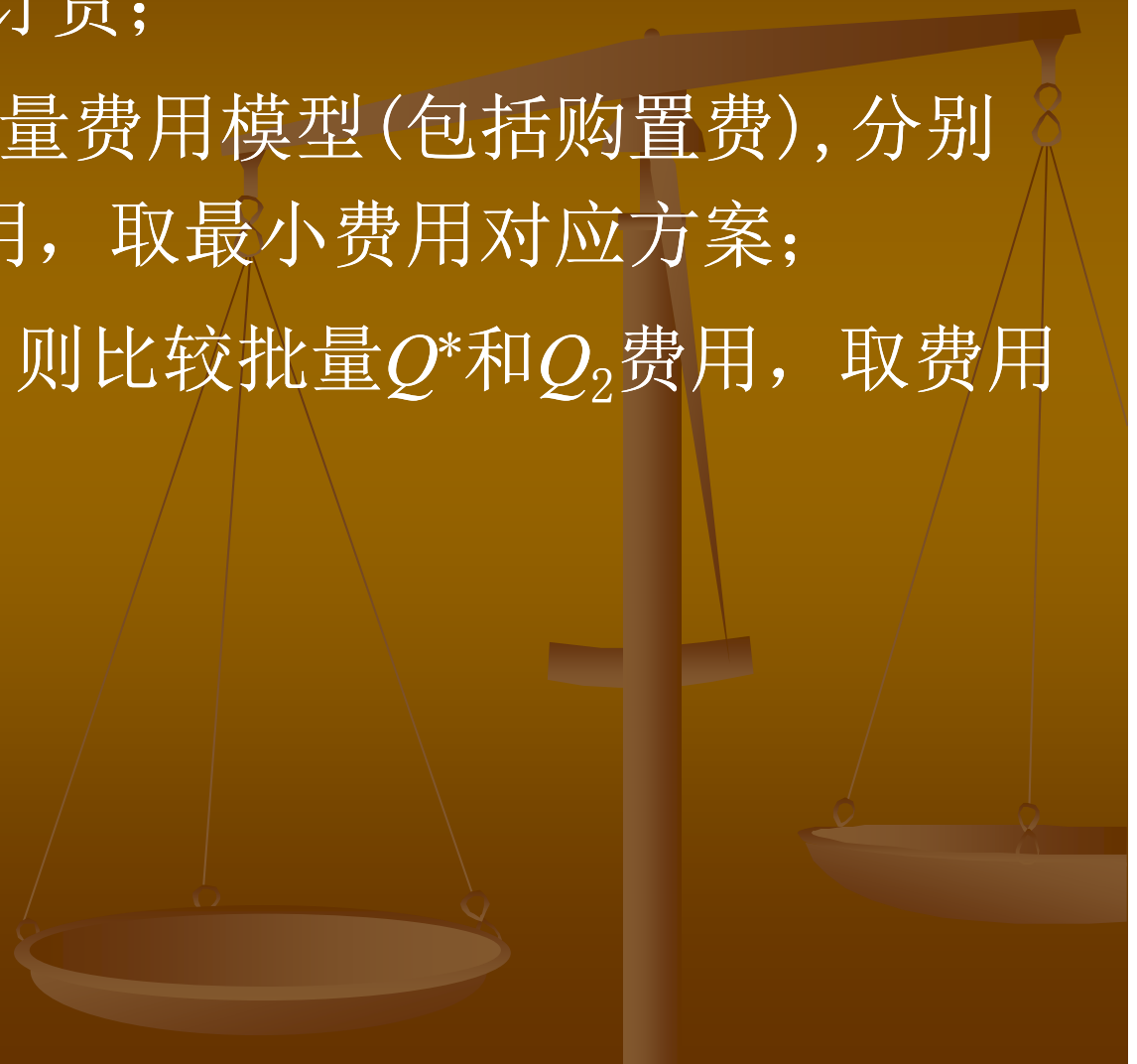
$$C^* = \frac{2C_3}{t^*}$$

4、有价格折扣的库存模型。

为了刺激买方加大一次购买量，供应商常采取数量折扣策略，即一次购买量达到规定标准时，按优惠价格供货。



- 求最优订货批量的步骤如下：
- ① 求正常价格下的最优订货批量 Q^* ；
- 若： $Q^* \geq Q_1$, 按 Q^* 订货；
- 若： $Q^* < Q_1$, 按批量费用模型(包括购置费), 分别计算按 Q^* 和 Q_1 费用, 取最小费用对应方案；
- 若： $Q_1 < Q^* < Q_2$, 则比较批量 Q^* 和 Q_2 费用, 取费用最小的方案。



- 例：某公司每年要购入10000件A物料，供应商的价格优惠条件是：一次订货量小于1000件时，价格为35元，订货量2000~3000时，价格为34.5元，5000件以上时，价格为34元，每次订货费为250元，单位产品年库存费30元，试求最优订货批量。
- 解：当价格为35元时，经济订货批量为：

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 \times 10000 \times 250}{30}} = 408(\text{件})$$

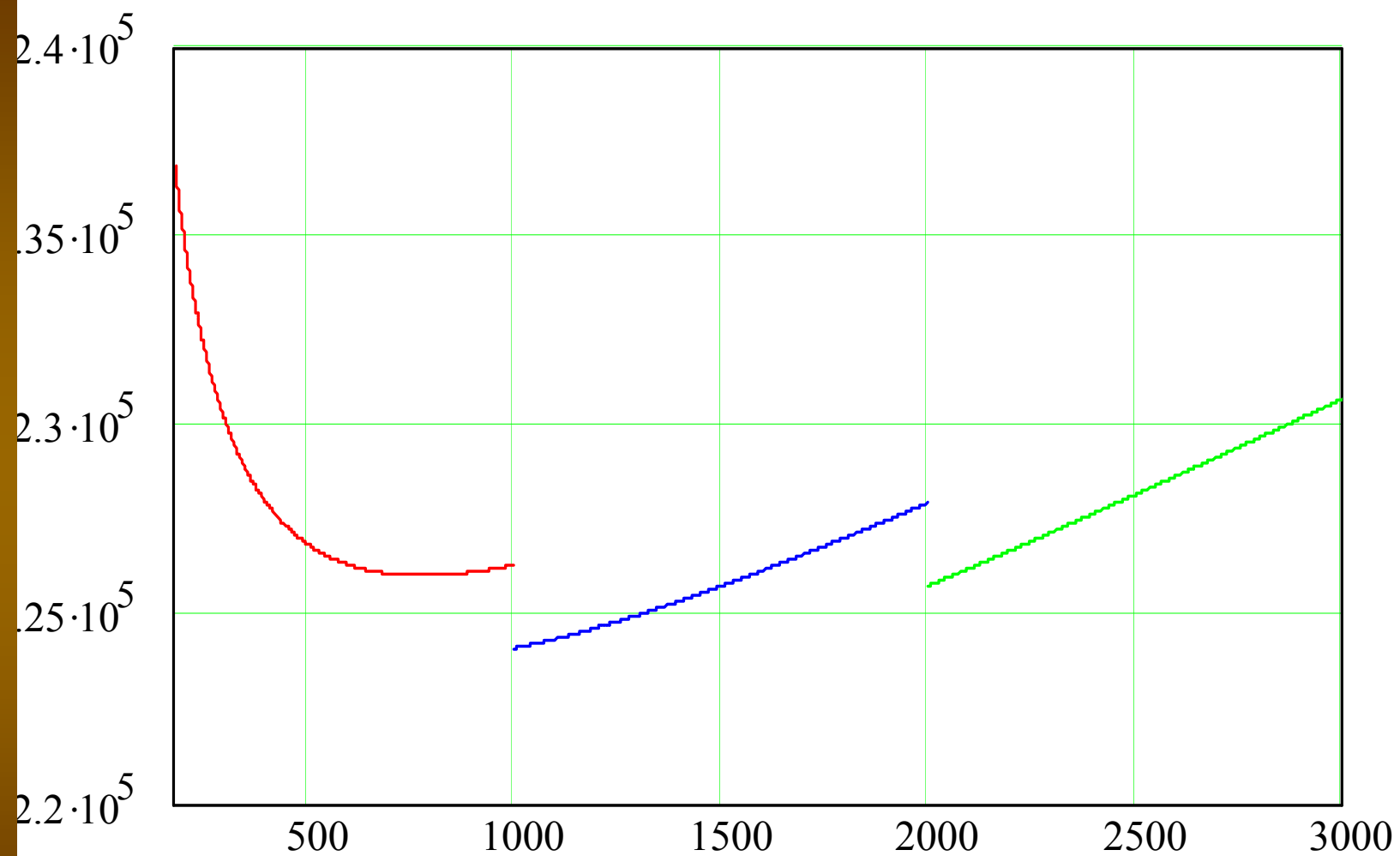
计算的经济批量小于折扣点，计算和比较两个价格折扣点的批量总费用：

$$C_{408} = 35 \times 10000 + 250 \times \frac{10000}{408} + 30 \times \frac{408}{2} = 362247$$

$$C_{1000} = 34.5 \times 10000 + 250 \times \frac{10000}{1000} + 30 \times \frac{1000}{2} = 362500$$

$$C_{2000} = 34 \times 10000 + 250 \times \frac{10000}{2000} + 30 \times \frac{2000}{2} = 371250$$

- 结果可见，最佳订货批量应408/批。



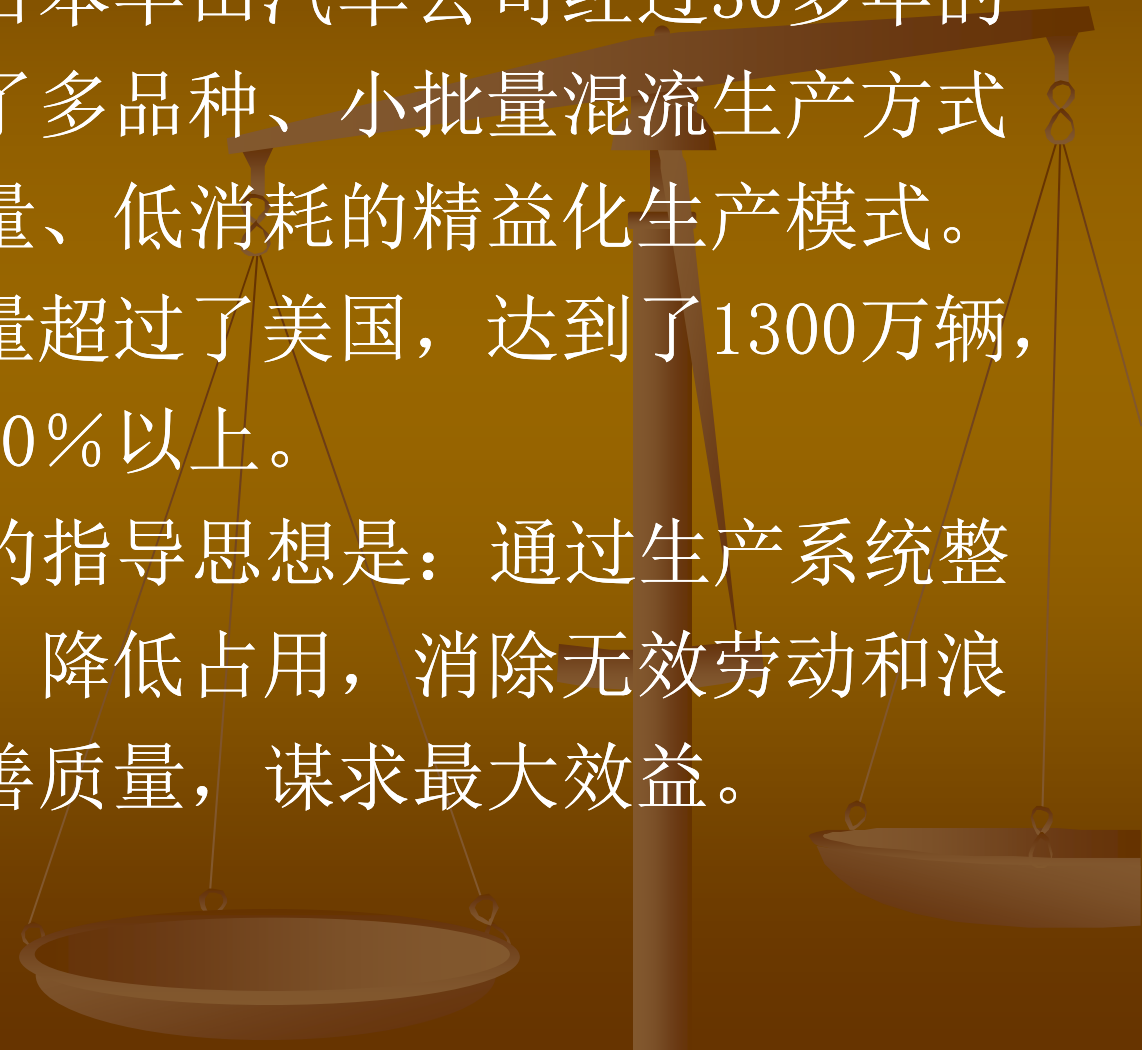
第八章 精益生产(Lean Manufacturing)

精益化生产是美国麻省理工学院多位从事“国际汽车计划”的专家对日本丰田生产方式的美称。精，即少而精，不投入多余的资源，在适当的时间生产必要数量的产品；益，是指效益，要求企业的所有活动都必须围绕效益目标来进行，减少运行过程的各种浪费。精益生产理论和实践，对传统的大规模生产方式提出了挑战，是一种世界级的先进生产组织理论和方法。

第一节 精益生产的产生与发展

一、精益生产的产生与发展

20世纪初，从福特汽车公司创立第一条流水线以来，大规模的生产流水线一直是现代生产的特征。大规模生产方式是以标准化、大批量生产来降低生产成本、提高生产效率的。由于流水生产高效率 and 低成本的作用，推动社会生产和经济的快速发展。但第二次世界大战以后，市场供需关系发生了质的变化，供过于求时的市场呈现竞争激烈化、需求个性化、企业经营环境复杂化，大批量、单一品种的生产方式已不能适应市场需要。

A faint, stylized illustration of a balance scale is visible in the background. The scale is tilted, with the right pan being higher than the left pan. The pans are simple, shallow bowls. The entire background is a solid dark brown color.

企业必须向多品种、小批量的生产方式转换，为此，要求生产系统具有强适应、快速反应的能力。为顺应这一要求，日本丰田汽车公司经过30多年的探索和实践，首创了多品种、小批量混流生产方式下的高效率、高质量、低消耗的精益化生产模式。从而使日本汽车产量超过了美国，达到了1300万辆，占世界汽车总量的30%以上。

丰田生产方式的指导思想是：通过生产系统整体优化，加速物流，降低占用，消除无效劳动和浪费，降低成本、改善质量，谋求最大效益。

二、精益生产对制造业的影响及意义

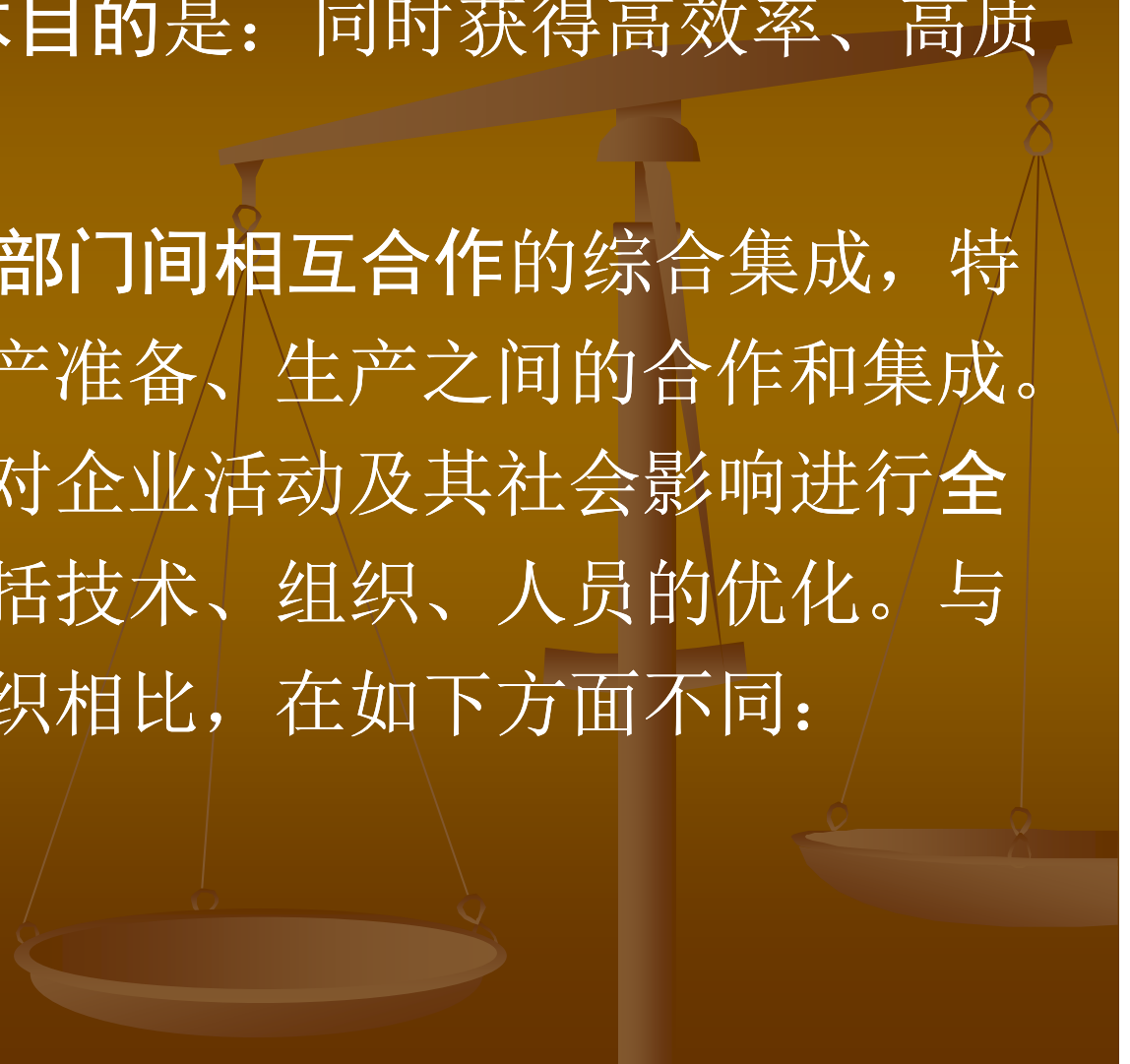
● 1989年麻省理工学院发表了“改变世界的机器”的著名报告，总结了丰田生产方式，认为精益生产是制造业的一次革命。报告指出：日本效益最好的企业具有如下特征：适度的自动化技术，对企业整体进行全面的科学管理，充分发挥人的潜力、智慧和积极性。

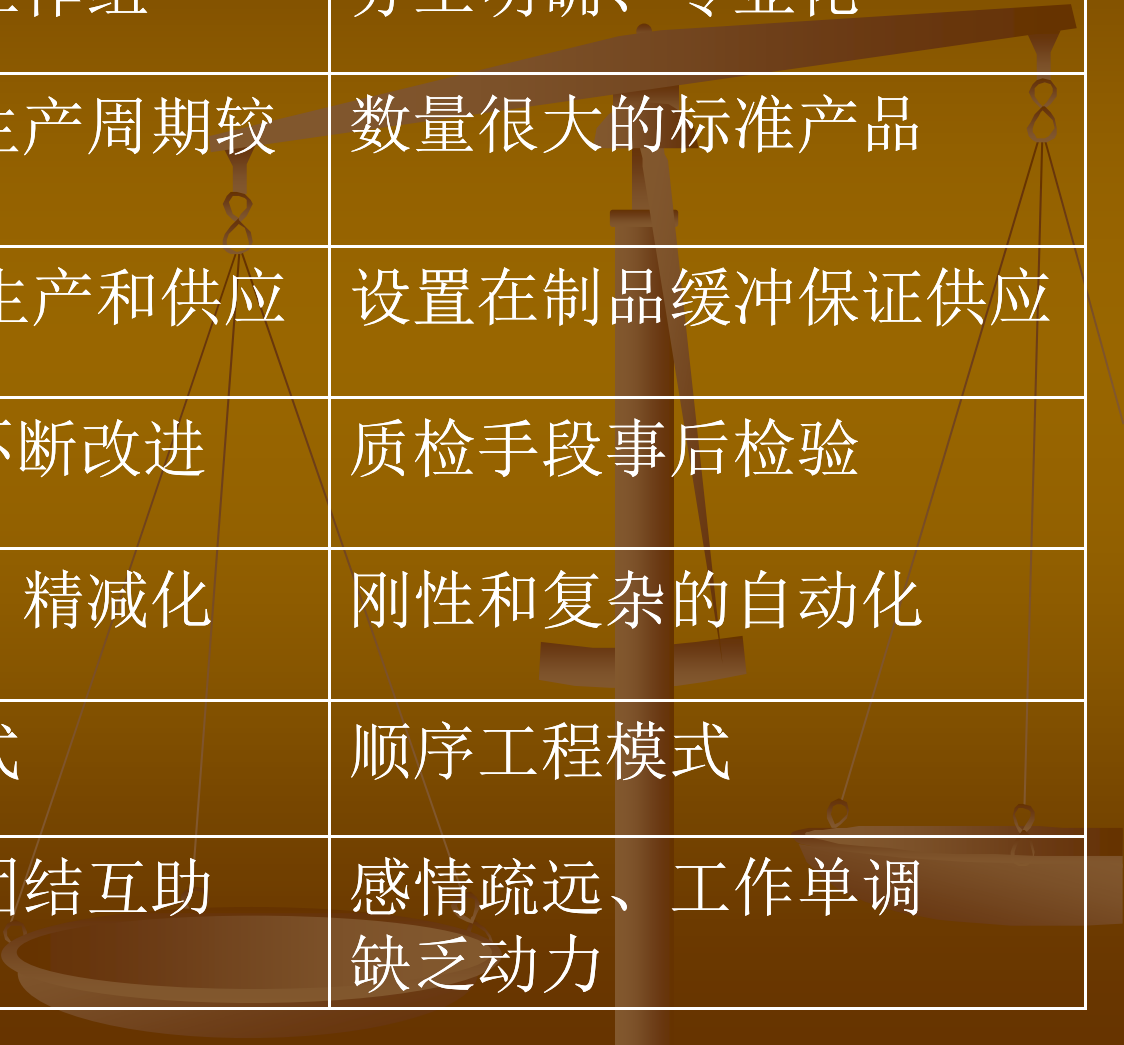
而美国企业却多数机构臃肿，信息滞后，效率低下。因此报告提出了“精减、消肿”的对策，并称日本丰田生产方式称为：

精益生产(lean manufacturing)。意即：精益求精，以简代繁。

精益生产的基本目的是：同时获得高效率、高质量、高柔性；

精益化生产强调部门间相互合作的综合集成，特别强调产品开发、生产准备、生产之间的合作和集成。强调从系统的角度，对企业活动及其社会影响进行全面、整体的优化。包括技术、组织、人员的优化。与传统的生产管理和组织相比，在如下方面不同：





	精益生产方式	传统的大量生产方式
生产目标	最求尽善尽美	达到预定目标
分工方式	集成、综合工作组	分工明确、专业化
产品特征	面向用户、生产周期较短的产品	数量很大的标准产品
生产供应	准时化(JIT)生产和供应	设置在制品缓冲保证供应
产品质量	TQC活动, 不断改进	质检手段事后检验
自动化	柔性自动化, 精减化	刚性和复杂的自动化
生产组织	同步工程模式	顺序工程模式
工作关系	强调友谊、团结互助	感情疏远、工作单调 缺乏动力

● 精益生产方式的优越性。与传统的大量生产方式相比，有何优越性？1990年美国麻省理工学院发表的国际汽车生产共同研究报告指出(花了五年时间，3500万美元，组织日、美、欧洲各国专家对世界17个国家90各汽车制造企业进行广泛的调查的基础上所写出的实证性报告)：

- ① 所需人力资源。可减少 $1/2$ ；
- ② 新产品开发周期：可减少 $1/2 \sim 2/3$ ；
- ③ 在制品库存：为大量生产方式的 $1/10$ ；

- ④ 占用生产空间：为大量生产的1/2；
- ⑤ 成品库存：可减至大量生产的1/4；
- ⑥ 产品质量：可提高3倍；

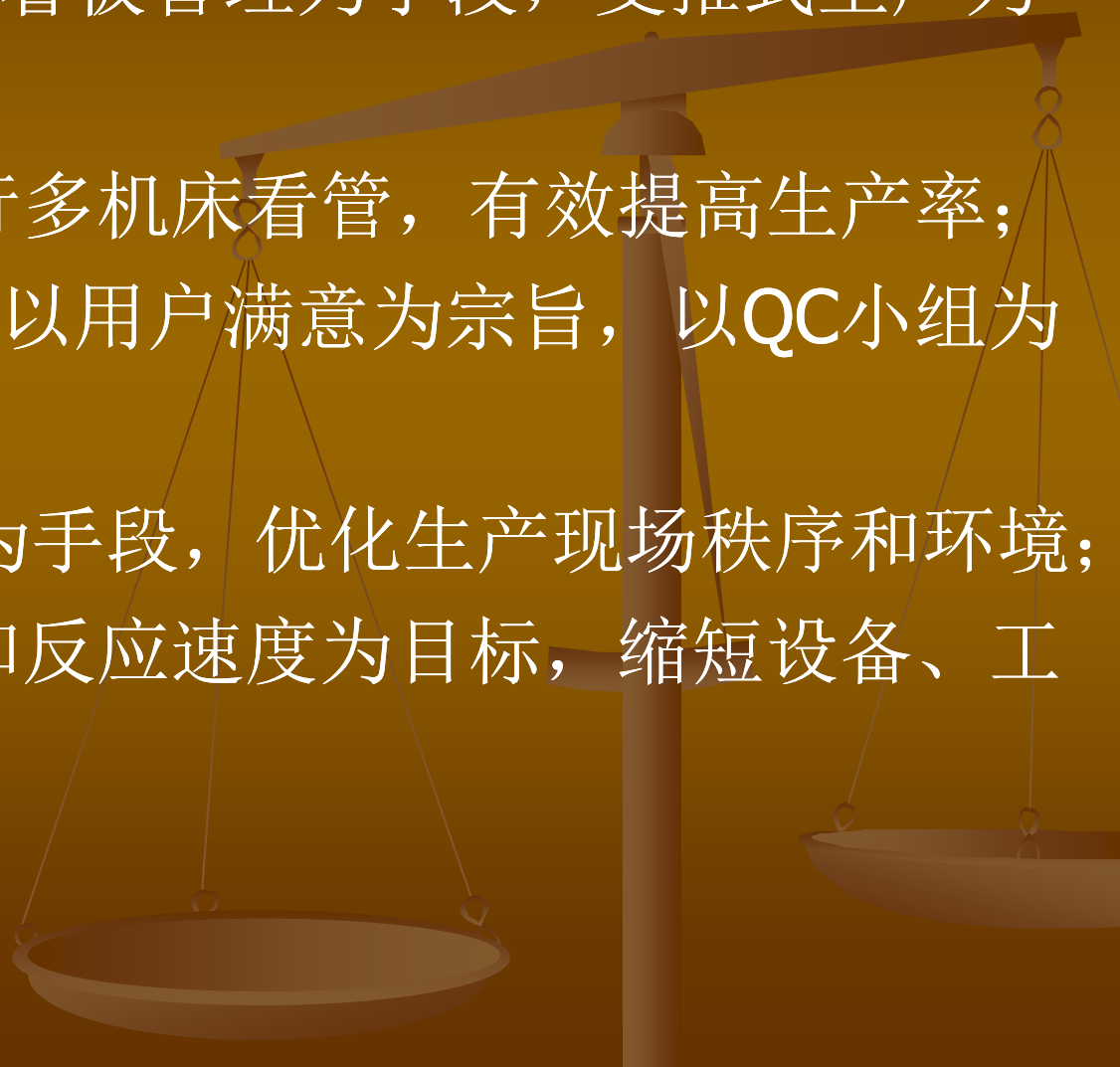
精益生产的核心在于生产计划和控制、库存管理的基本思想。

三、实施精益生产的案例介绍

一汽是我国最早引进精益生产的企业，从1979~1984年，20个专业厂的2831种零部件实施看板管理，减少流动资金1830万元，取消中间仓库，库存面积节约了1661m²

全厂**10**条生产线**61**种零件实施看板管理，取得了良好的效果。具体内容包括：

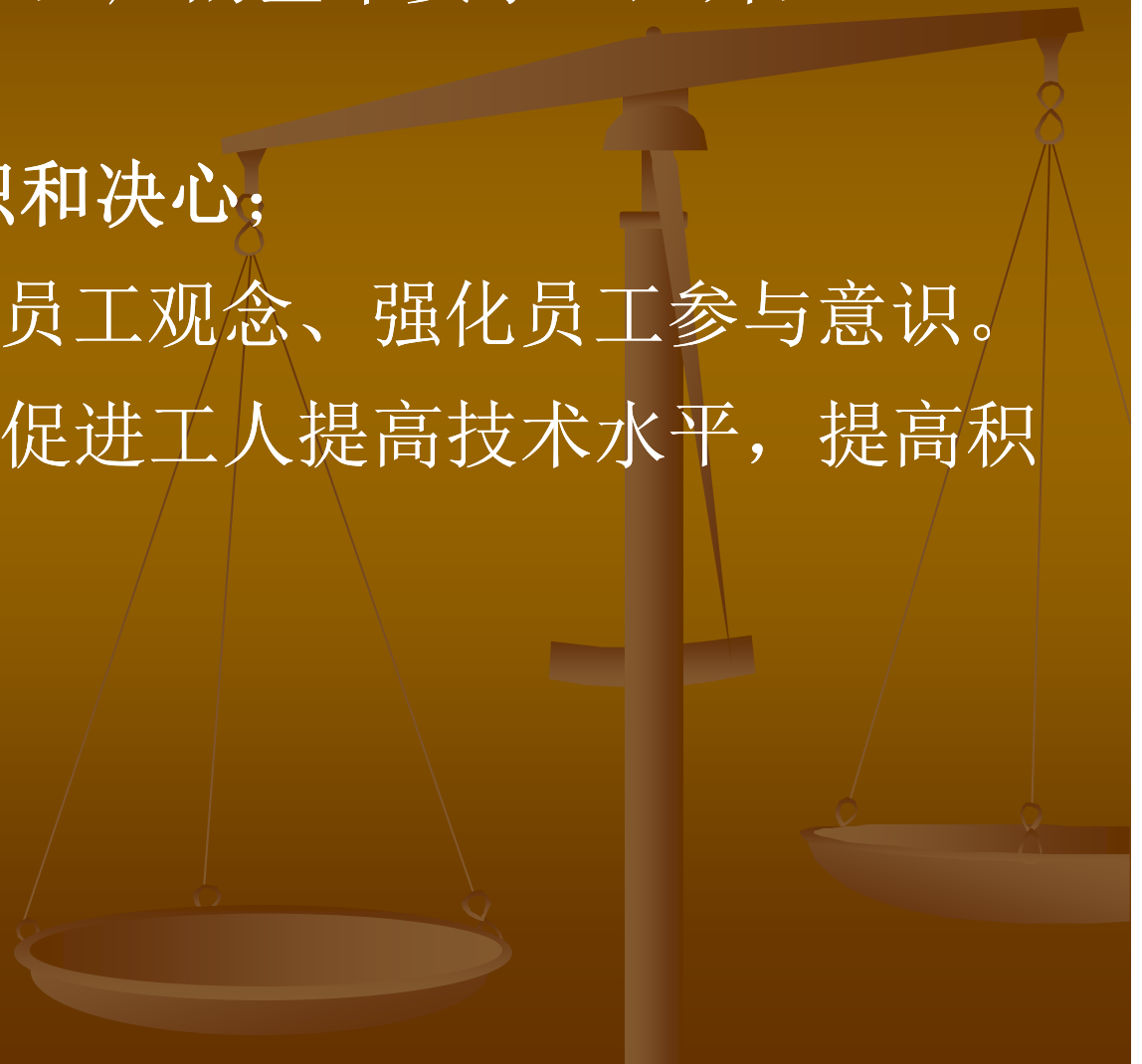
- 以零库存为目标、看板管理为手段，变推式生产为拉式生产；
- 培养多面手、实行多机床看管，有效提高生产率；
- 以零缺陷为目标，以用户满意为宗旨，以QC小组为基础，开展TQC活动；
- 以推行“5S”管理为手段，优化生产现场秩序和环境；
- 以提高适应能力和反应速度为目标，缩短设备、工装和物料转换时间；



四、实施精益化生产的条件

1、内部条件：生产秩序良好、供需设置合理、产品质量稳定是试试精益生产的基本要求。此外企业还要具备如下条件：

- ① 企业领导的认识和决心；
- ② 加强培训、更新员工观念、强化员工参与意识。
- ③ 完善激励手段，促进工人提高技术水平，提高积极性和主动性；



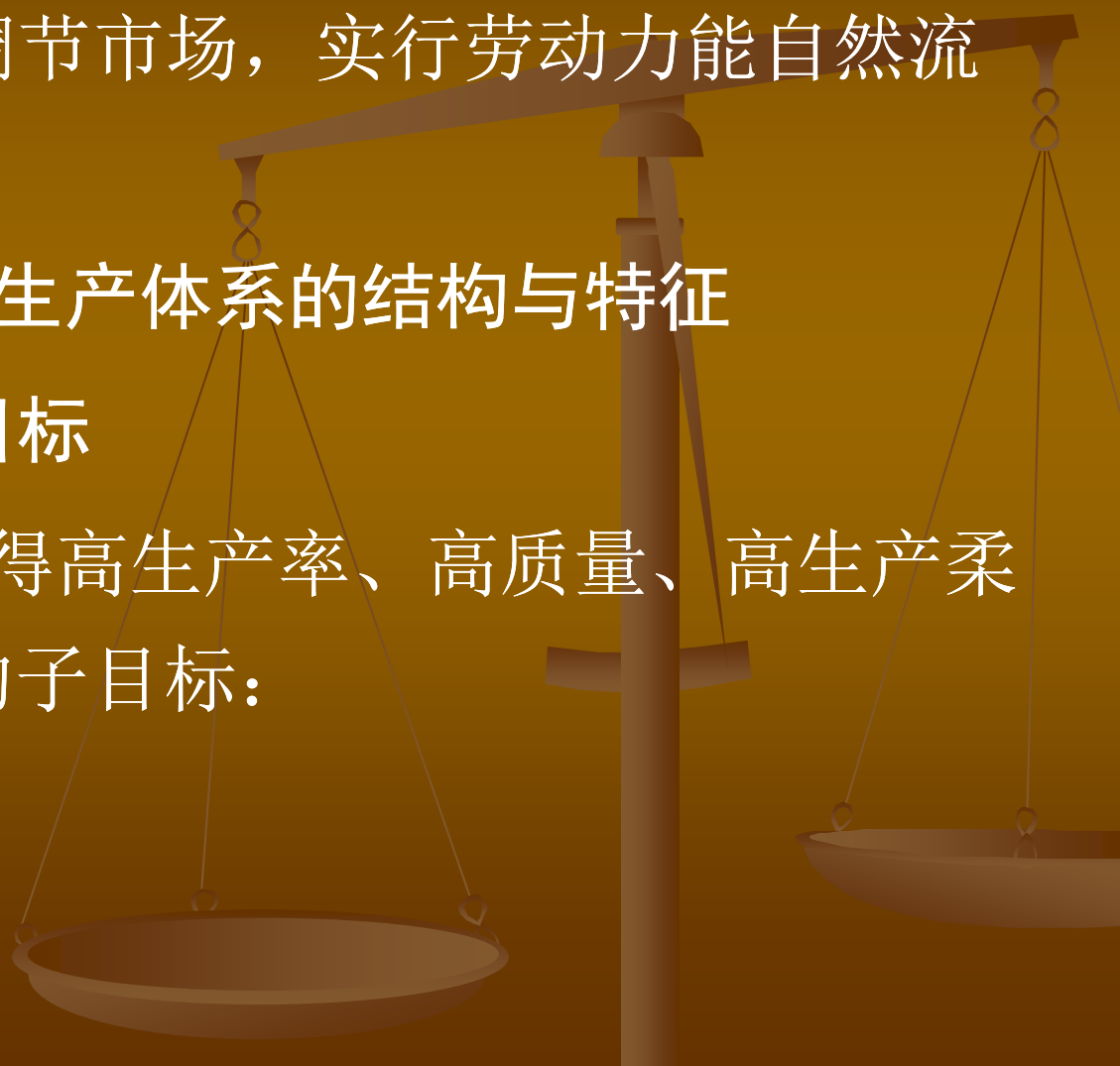
2、外部条件

- ① 一个顺畅的物资供应和产品销售流通体系;
- ② 有一个劳动力调节市场, 实行劳动力能自然流动的人力资源体系;

第二节 精益生产体系的结构与特征

一、精益生产体系的目标

基本目标: 同时获得高生产率、高质量、高生产柔性。实现这一目标的子目标:



零库存：通过实施准时化生产，不断降低生产过程的物料占用和积压；同时不断暴露问题，解决问题，从而使生产系统不断得到优化。

高柔性(多品种、快速反应)：组织柔性、劳动力柔性、设备柔性，以适应市场需求多样化、需求个性化的特征；

无缺陷：对工作、对产品不断追求完美；上道工序把下道工序看是客户，以最好的服务和保证，力争用户满意。

二、精益生产的支柱

1、JIT。

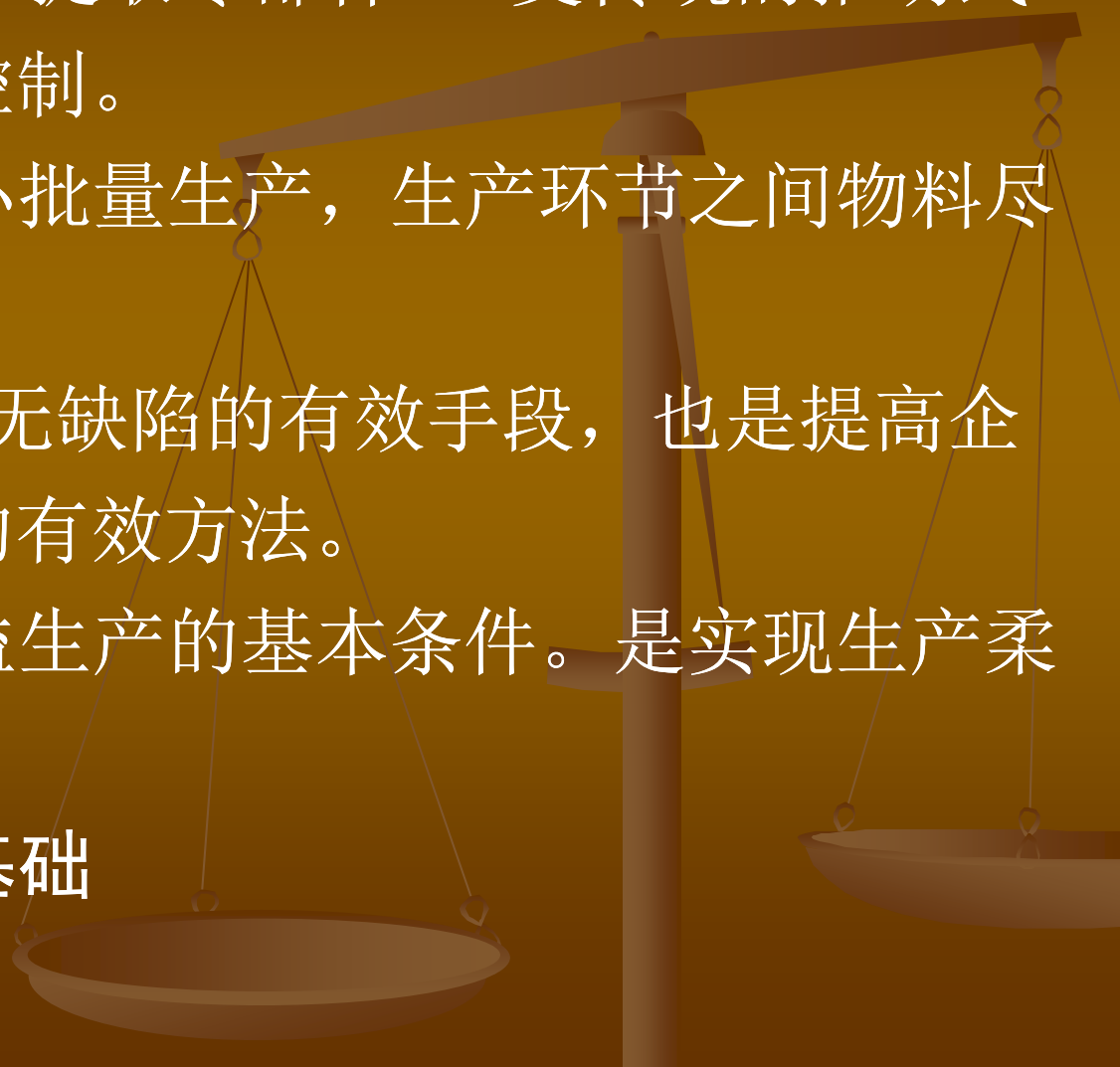
① 后道工序向前工序提取零部件。—变传统的推动式生产为拉动式生产控制。

② 化大批量生产为小批量生产，生产环节之间物料尽可能按件传送。

2 TQC. 推行TQC是实现无缺陷的有效手段，也是提高企业整体效益和柔性的有效方法。

3、GT. 成组技术是精益生产的基本条件。是实现生产柔性的有效手段。

三、精益生产体系的基础



计算机网络支持下的小组工作方式。

实行小组工作方式：具有综合性、自主性、并行性的特征。

四、精益生产的指导思想

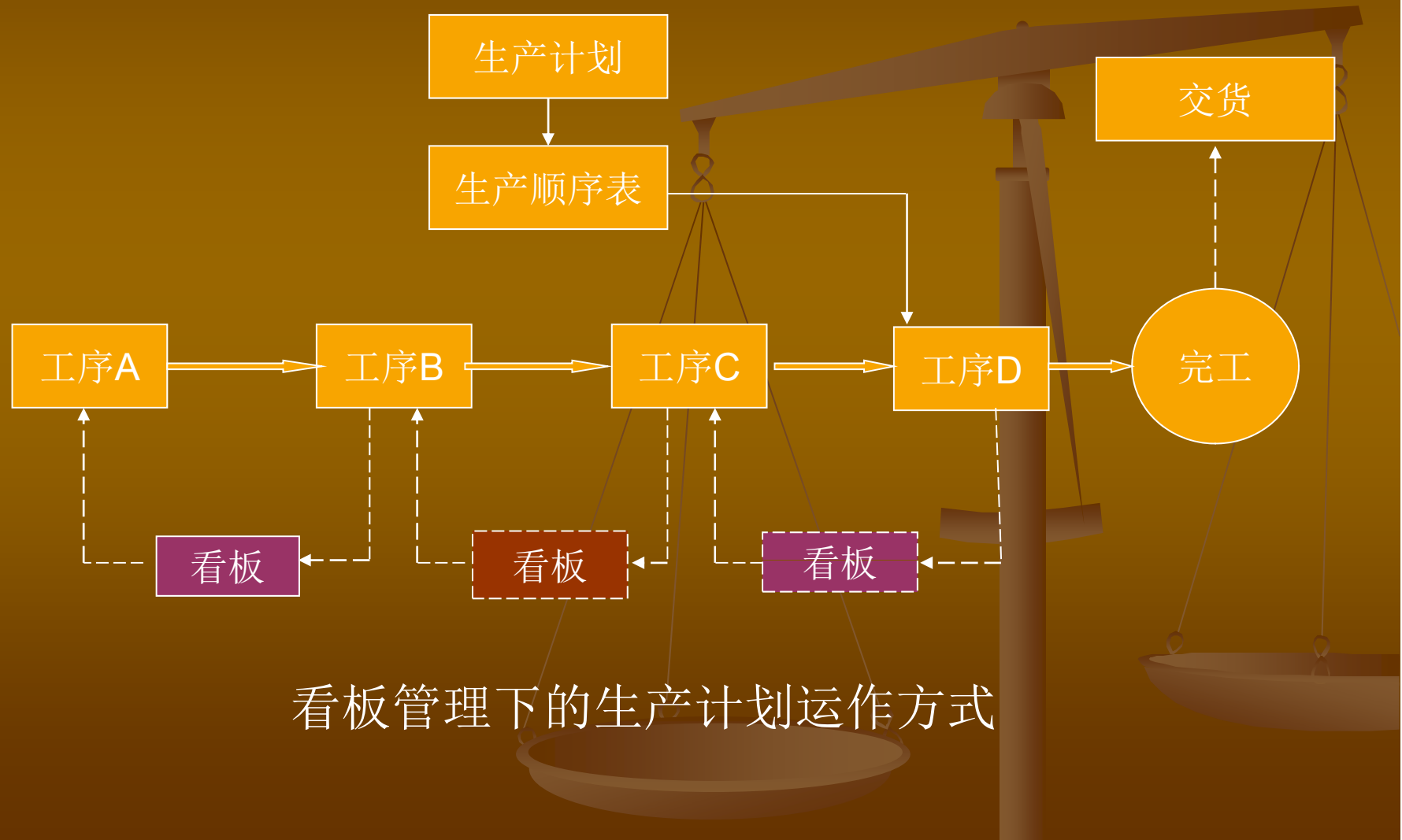
以用户为上帝；快速度、低成本、高质量、多品种满足市场需要；

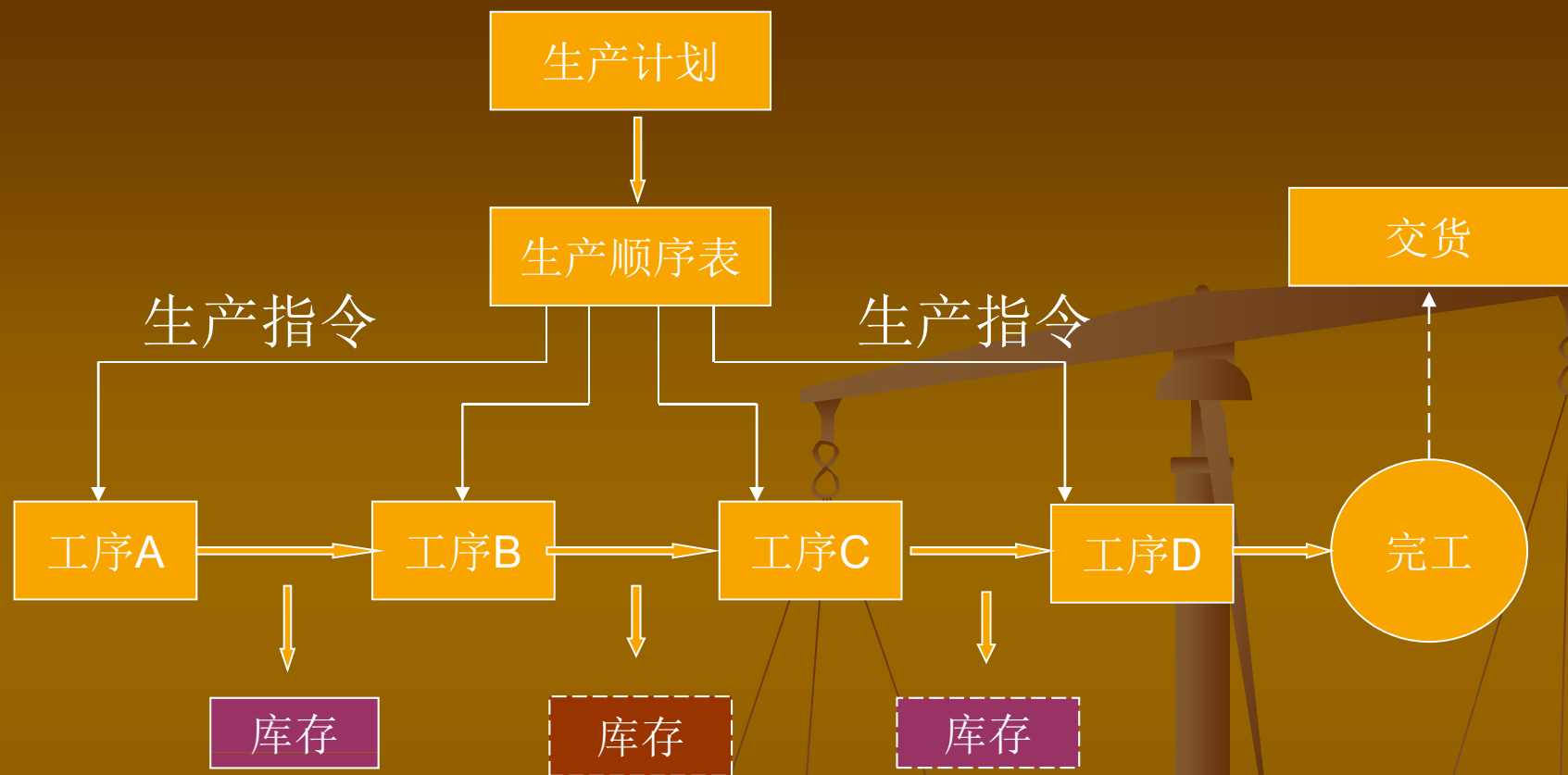
以人为中心——提高员工技能和素质，发挥员工主动性和积极性；

以精简为手段——纵向减少层次、横向打破壁垒；

■ 第三节、精益生产过程管理

一、精益生产计划的特点。





传统生产管理下生产指令下达方式

■ 二、精益生产组织

精益生产通过彻底排除浪费来提高企业的效益。按价值流的思想，浪费就是一切增加对象成本而不提高对象价值的因素。包括：过量生产和积压、人员浪费、不良品浪费。为排除这些浪费，精益生产强调：同步化(平行化)生产、弹性配置作业人数，质量保证等。

实现同步化生产的措施有：按对象专业化组织生产单位；缩短作业转换时间；加强外协配套厂的联系和控制；实行轮岗制，培养多面手；

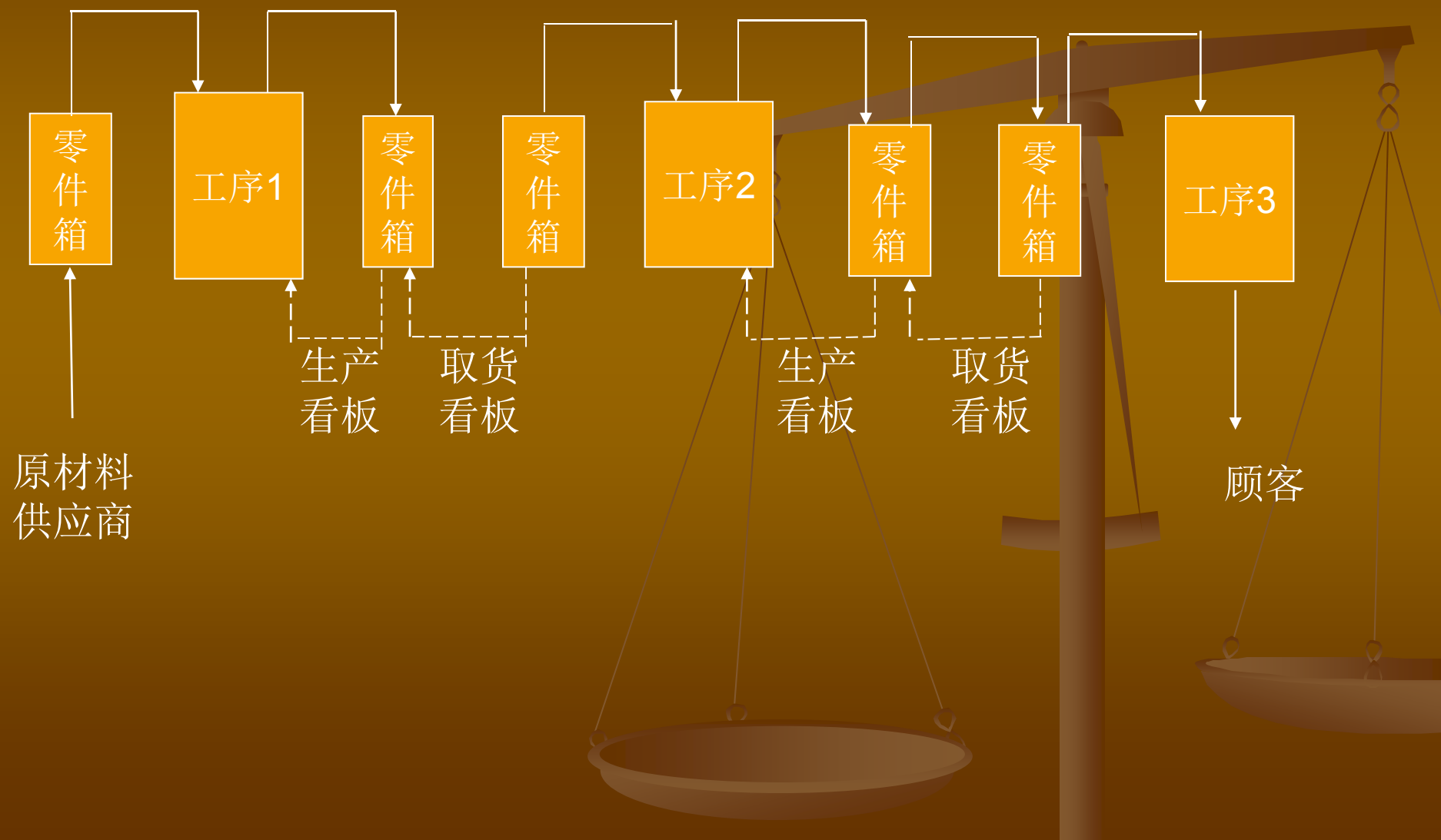
■ 三、精益化生产控制

- 精益生产要求生产系统各个环节全面实现生产同步化、准时化、均衡化。为此，精益生产过程借助“看板”管理进行控制。

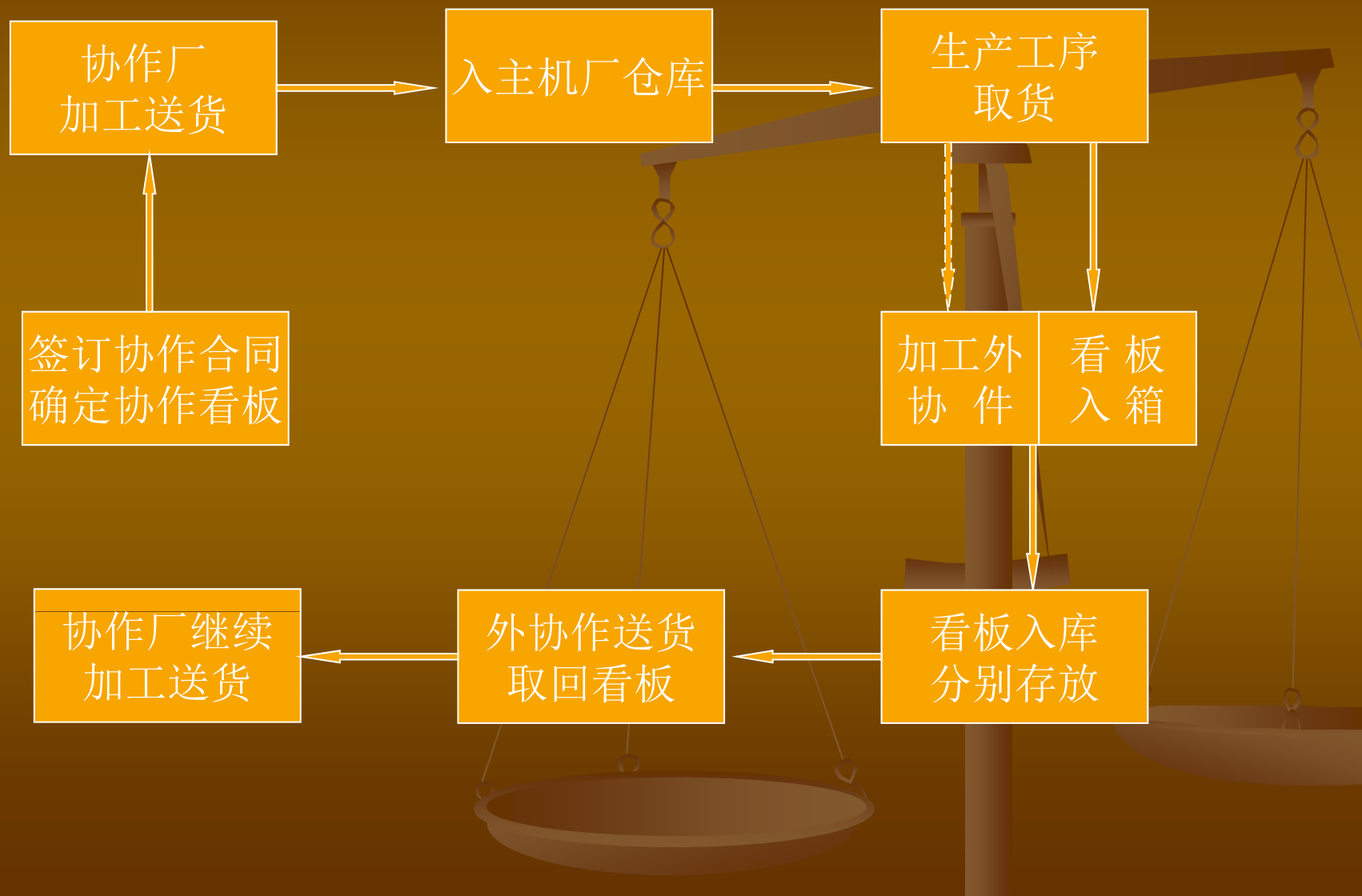
■ 1、看板的种类及作用

- 生产看板：是一种生产指令。用于指示工序加工规定数量制品的看板；
- 取货看板：运输看板，后工序按看板上所列的件号、数量等信息，到前工序领取并运输制品的看板；

2、内部看板管理的运行方式



外协看板运行方式



第九章 生产现场管理

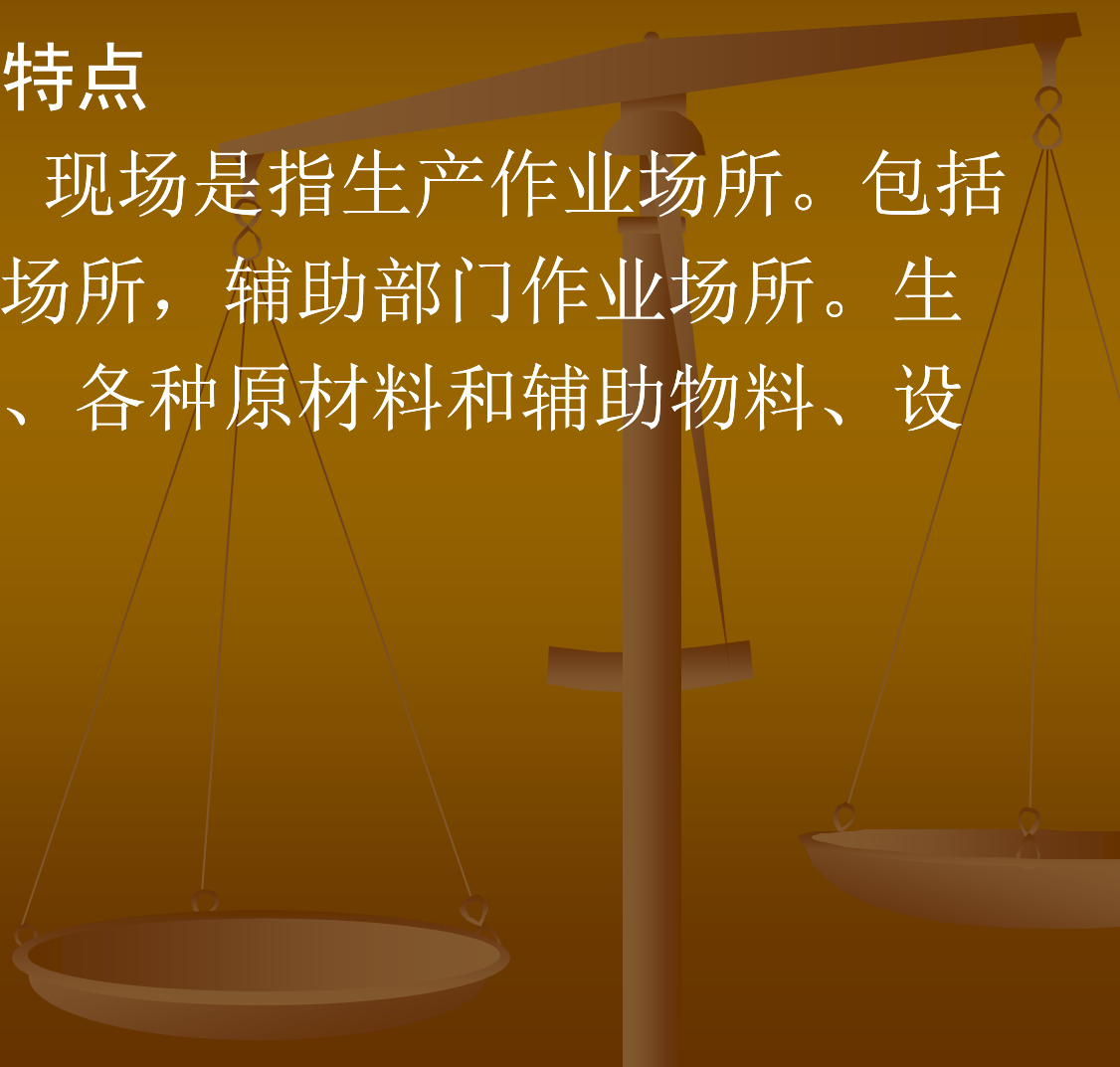
第一节 生产现场管理概述

一、生产现场管理的特点

1、现场管理的定义。现场是指生产作业场所。包括基本生产车间作业场所，辅助部门作业场所。生产现场集中着人力、各种原材料和辅助物料、设备及工艺装备。

二、生产现场的特点

- 1、基层性；
- 2、动态性；



- 3、协调性

- 4、群众性

二、优化生产现场管理的意义

■ (一)生产现场管理现状分析

- 1、现场生产秩序混乱；

- 2、现场浪费现象严重；

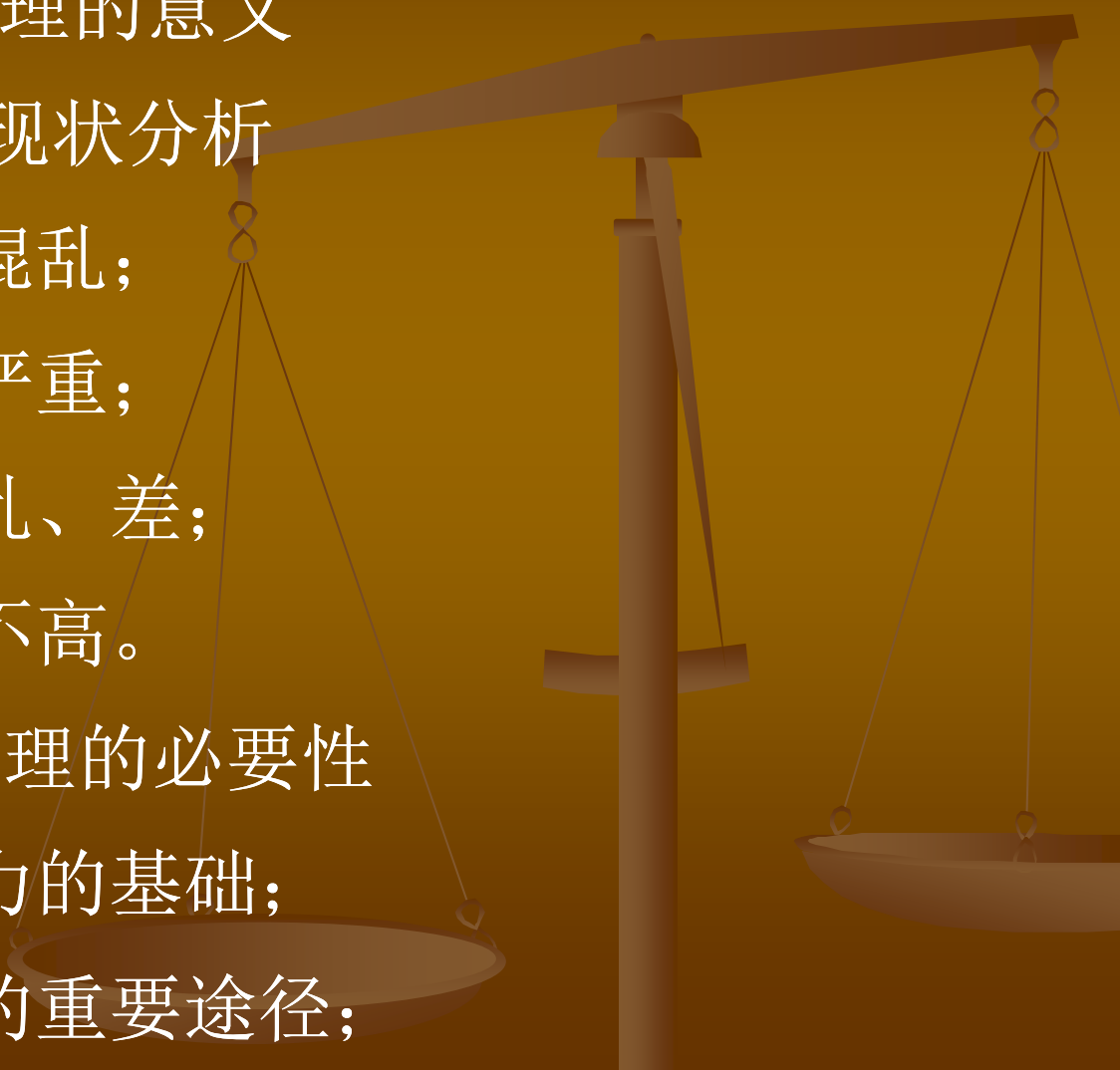
- 3、现场环境脏、乱、差；

- 4、现场人员素质不高。

(二) 加强生产现场管理的必要性

- 1、提高企业竞争力的基础；

- 2、提高企业效益的重要途径；



3、利于全面提高企业素质和管理水平

三、生产现场管理的要求

- 环境整洁;
- 纪律严明;
- 设备完好;
- 物流畅通有序;
- 信息准确及时;
- 生产均衡有效;

第二节 5S 管理活动

一、5S 活动的含义

整理(seiri)、整顿(seiton)、清扫(seiso)、
清洁(seikeetsu)、素养(shisuke)



整理(seiri):

把要与不要的物品分开，把现场不需要的物品，如：用剩的材料、多余的半成品、切下的边角料、垃圾、废品、多余工具、报废设备、工人生活用品等，坚决清理出现场；

预期目标：

- ①改善和增加作业面积；
- ②现场无杂物，通道无阻塞；提高工作效率；
- ③ 减少磕碰机会，保障安全，提高质量；
- ④消除混放、混料等差错事故；
- ⑤改变作风，提高工作情绪。

■ **整顿(seiton):** 把需要的物品定量、定位放置。

预期目标:

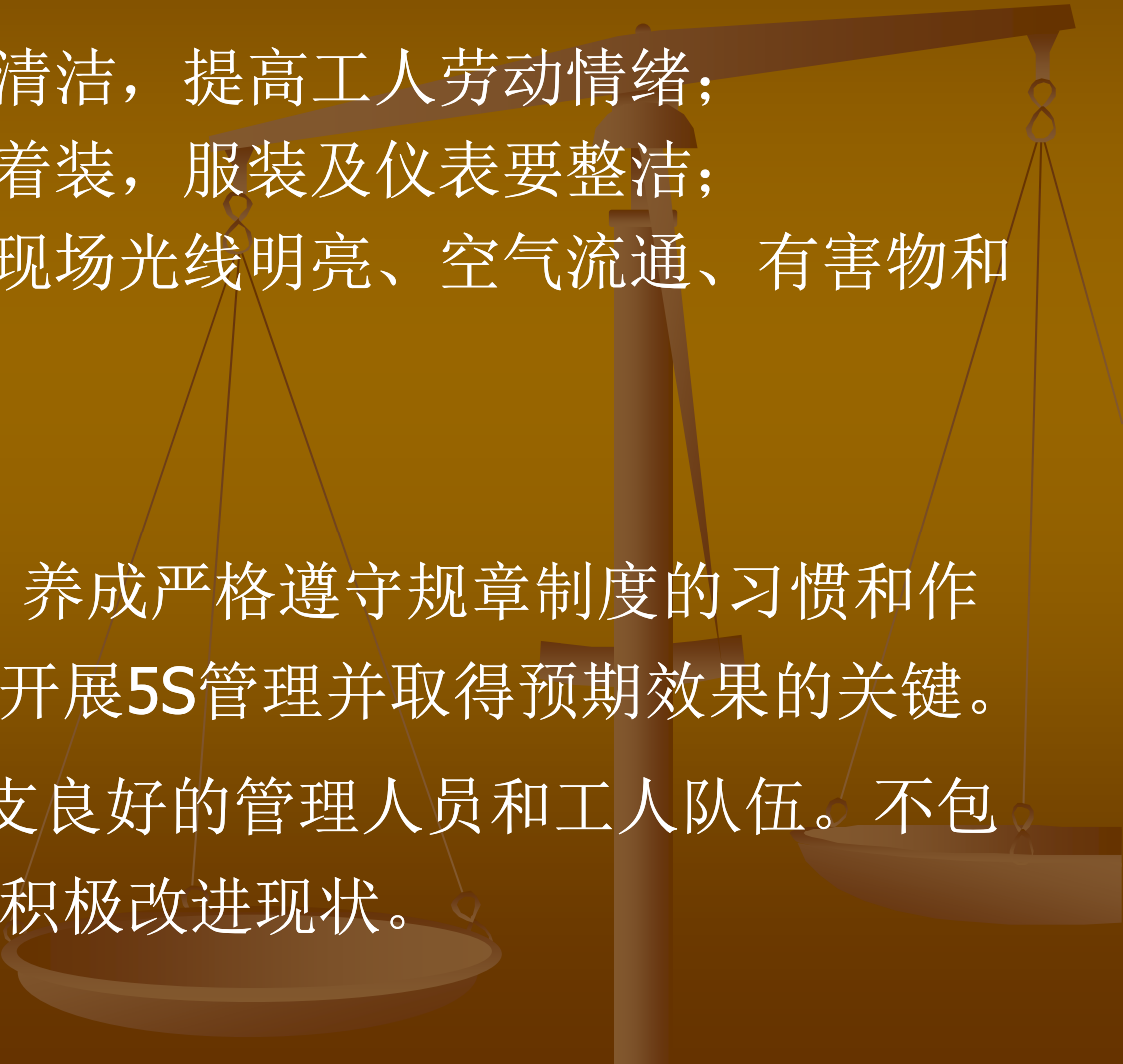
① 物品摆放有固定地点和区域。减少寻找时间;

② 物品摆放要科学合理。如根据物品的使用频率,合理确定其位置,减少运输距离和运输工作量;

③ 物品摆放目视化;不同区域、不同状态物品用不同颜色和标识。

■ **清扫(seiso):** 对现场地面、工作台、过道、窗户、墙壁的清扫,设备日常维护,实现工作现场整洁、卫生,设备润滑良好,表面无灰尘、无污垢;

要求: 坚持不懈。自行清扫,不增加专门的清洁工;

- 
- **清洁(seikeetsu):** 维护前三个阶段的成果，保持现场完美和最佳状态。

预期目标:

- ①车间现场保持整齐、清洁，提高工人劳动情绪；
- ②工人本身整洁，统一着装，服装及仪表要整洁；
- ③工作环境不受污染，现场光线明亮、空气流通、有害物和气体受控达标。

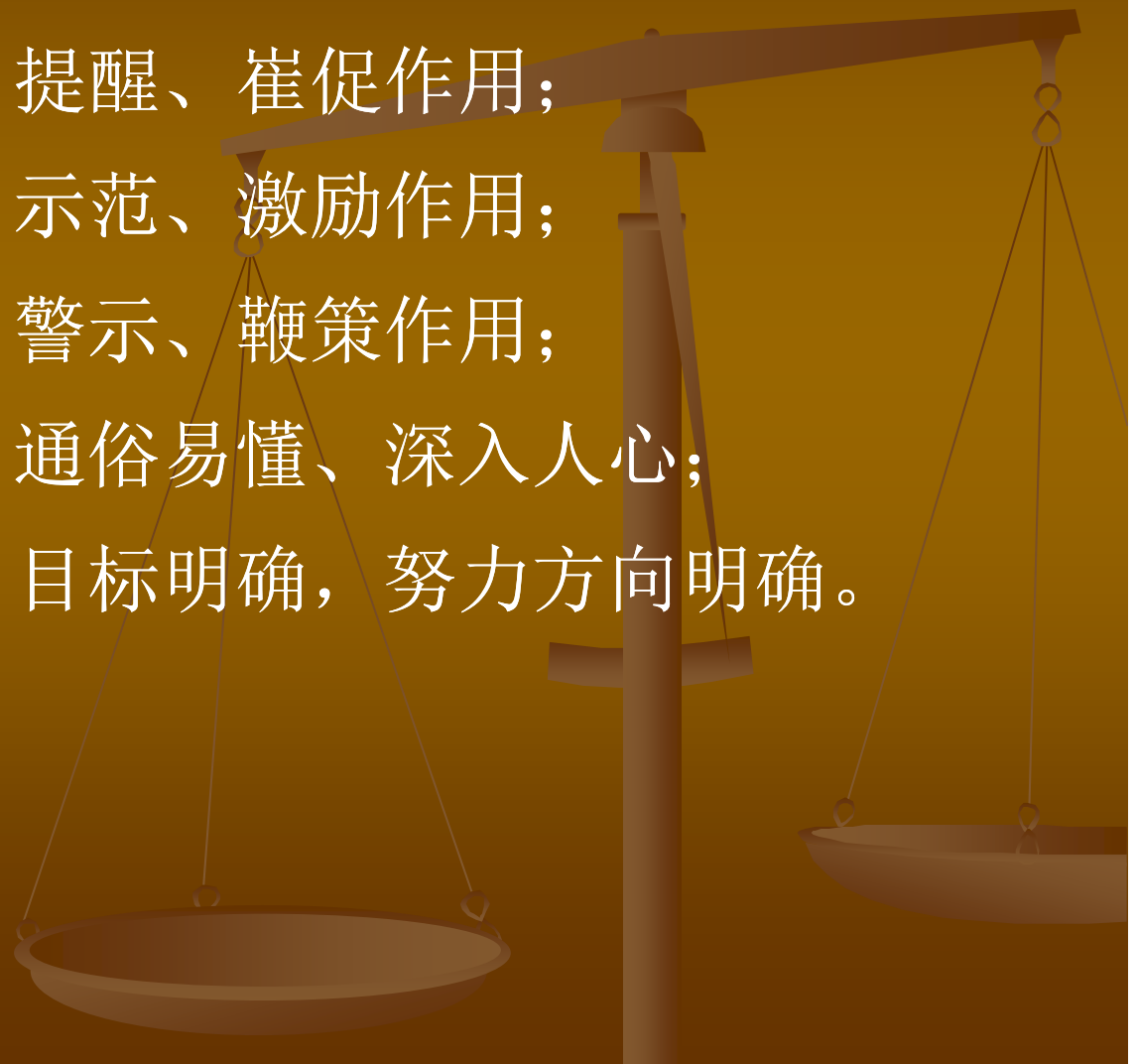
- **素养(shisuke):**

努力提高员工素养，养成严格遵守规章制度的习惯和作风，人员素质的提高是开展5S管理并取得预期效果的关键。

- **预期目标:** 建立一支良好的管理人员和工人队伍。不包庇落后、不掩盖问题，积极改进现状。

2、目视化管理

- ① 布置和存放目视化；便于寻找，节省时间；
- ② 生产指令目视化；计划、规程目视化，提醒作用；
- ③ 生产状态目视化；提醒、催促作用；
- ④ 生产成果目视化；示范、激励作用；
- ⑤ 生产问题目视化；警示、鞭策作用；
- ⑥ 现场管理目视化；通俗易懂、深入人心；
- ⑦ 生产目标目视化；目标明确，努力方向明确。



第十章 劳动组织和劳动定额

第一节 劳动组织

劳动组织式生产运作过程组织和管理的一项重要工作。

任务是根据企业的生产特点，采用适当的劳动组织形式，合理地配备工人，使人尽其才，充分调动职工的积极性，不断提高劳动生产率。

内容：编制定员、工作地组织、工作轮班组织、多机床看管等内容。

一、定员工作

定员是根据企业的生产规模和生产类型，；
一定的技术组织条件下，企业应配备的各类人员
的数量标准。

1、定员的作用：在于使企业在用人方面做到精打
细算，在保证生产活动正常进行的前提下，合理
配备各类人员，减少冗员，使员工工作负荷合理
化，不断提高劳动生产率。

有了定员，就可以根据其编制劳动力需求计
划，平衡和调整各岗位的职工人数，利于落实岗
位责任制。

2、定员的范围

定员根据企业生产的岗位数制定，包括其正常生产所需的全部员工。根据企业岗位性质不同，职工可分为工人、工程技术人员、管理人员、生产服务人员以及其他人员。

3、定员的要求

- 定员水平要先进合理。以高效率、满负荷、充分利用工时为标准确定定员，做到事事有人干、人人有事做；
- 定员标准相对稳定。定员标准要相对稳定，就是不要朝定夕改。但要随企业生产经营活动的发展变化，及时调整定员标准，使其与生产实际需要相适应

- 各类人员的比例要合理

基本生产工人和辅助生产人员，技术人员和工人、管理人员占职工总数比例等要合理。

4、定员的方法

定员的基本依据是计划期的总工作量和每个人可承担的工作量负荷量。这和企业各种工时定额和制定工作时间有关。具体按各类工种的工作性质和计算依据确定计算方法。一般有如下几种方法：

- 按劳动效率定员

定员人数=计划期任务工作总量/工人劳动效率*出勤率

其中：

■计划期任务工作总量=计划期产量*单位产品工时定额 / (1-废品率);

■工人劳动效率=工人在计划期的有效工时*定额完成系数(率);

■工人计划期有效工时=计划期制度工时*工时利用率;

此法能精确计算定员，凡有劳动定额的岗位，都可用此法计算定员。

● 按设备定员

定员人数=计划期开动的设备台数*每台设备的开动班数/工人设备看管定额(可小于1)*出勤率

按设备定员，主要应用于设备操作为主的工种。

● 按岗位定员

定员人数 = $(\sum \text{每岗位工作量} \times \text{操作岗位数} \times \text{工作班次}) / (\text{工人工作效率} \times \text{出勤率})$

此法适用于看管大型联动设备或装置的工种，或生产辅助服务人员的定员上。

● 按比例定员

根据职工总数或某类人员总数按一定比例确定定员人数。适用于某些生产服务人员的定员，如饭堂工作人员，后勤人员等。

● 按组织机构、职责范围、业务分工定员。

一般管理人员、工程技术人员、采用此法确定。如会计、出纳，计划、调度、采购等岗位人员的确定。

二、工作轮班组织

不同企业根据其不同的生产工艺和技术特点，生产任务负荷，采用不同的工作班制度，单班制或多班制。若一般冶金、化工、纺织、发电等流程式企业实行多班制，加工装配式如机电行业可采用单班制。

单班制组织工作简单，但设备、场地的利用率较低。单位产品的固定费用分摊较多。

多班制有两班和三班制，三班制一般是只生产过程连续不中断的生产，其组织管理工资比较复杂，除了合理配备各类人员比例外，还要合理组织工人的轮班。

■ 合理安排工人轮休和轮班

合理倒班对工人的生活和健康有一定影响。具体有如下几种倒班方式：

□ **三班轮休制**：即组织三个固定轮班，每班按 $\frac{2}{5}$ 的比例配备轮休工人；工人按每工作五天休息两天计。（为避免连续上两班的情况，三班制的倒班必须按反倒班）

□ 四班三运转及组成四个工作班，其中一个工作班轮休，另三个班按早、中、晚班轮流生产，以八天一个循环，两天轮一次班。每位工人上2天早、两天中、两天晚，再轮休两天。这种方式实际是按 $\frac{2}{6}$ 配备轮休工人。

三、多机床看管

多机床看管是指一个(或一组)工人同时看管多台设备。实行多机床看管的前提就是设备运行过程的自动时间大于工人的手动操作时间。设备的自动时间是指机器自动加工(走刀)时间，工人的手工操作时间包括：走动时间、工件装夹时间、调整对刀时间等。工人利用机器设备的自动时间，操作其他设备。自动时间与手动时间之比越大，工人可看惯的设备台数就越多。看管定额就是根据这种关系确定，具体有如下几种情况：

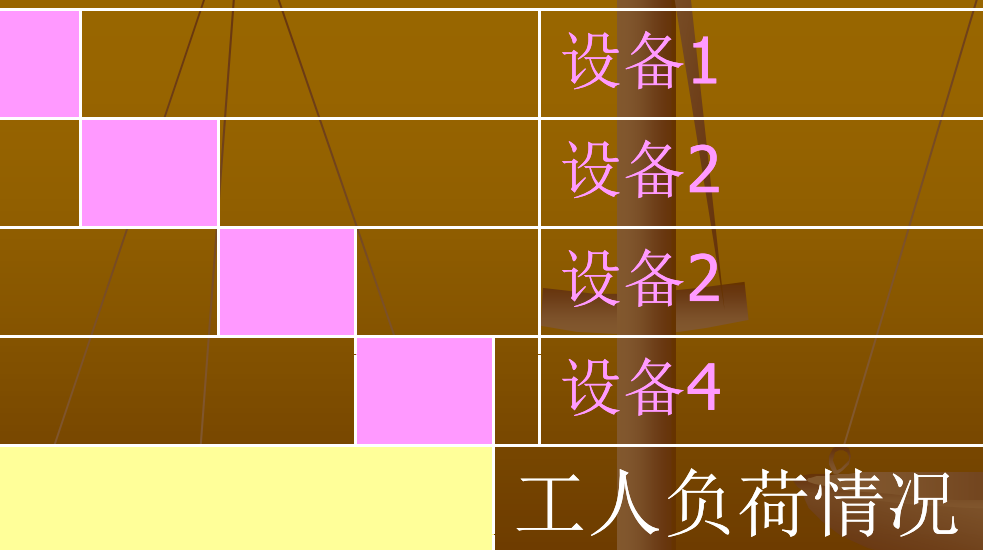
1、同时看管多台同种设备、加工相同的制品






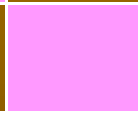


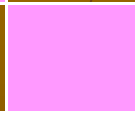













这时各设备的加工时间、手动时间、机动时间都相同。

看管机器数 \leq (一台设备的机动时间/一台设备的工人手动时间)+1

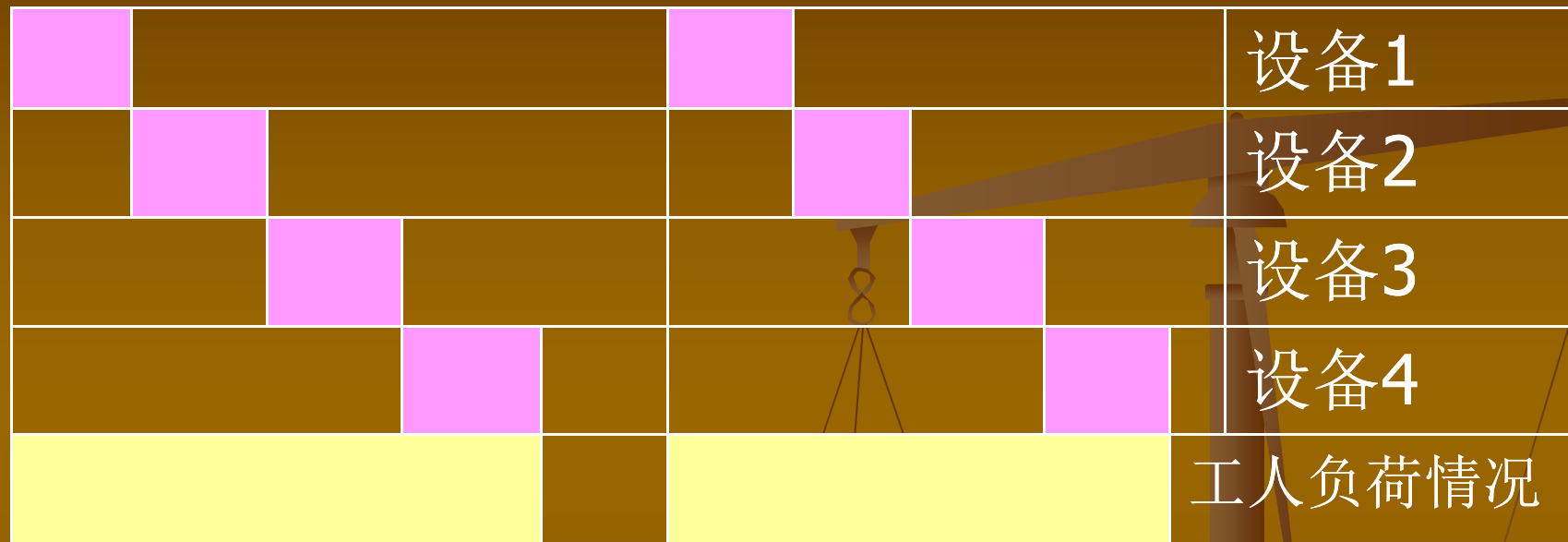
当上式为整数时，则工人满负荷工作，没有空闲时间。

例：工序时间15分钟，手动时间5分钟。



				设备1		
						设备2
						设备2
						设备4
						工人负荷情况

若为非整数，如：工序时间18分钟，手动时间5分钟，则工人有空闲时间。



工人负荷系数=看管设备台数*每台设备上的手动时间/看管循环期；看管循环期就是工人从第一台设备操作开始，到最后一台设备工作做完回到第一台设备开始下一轮工作的时间间隔。

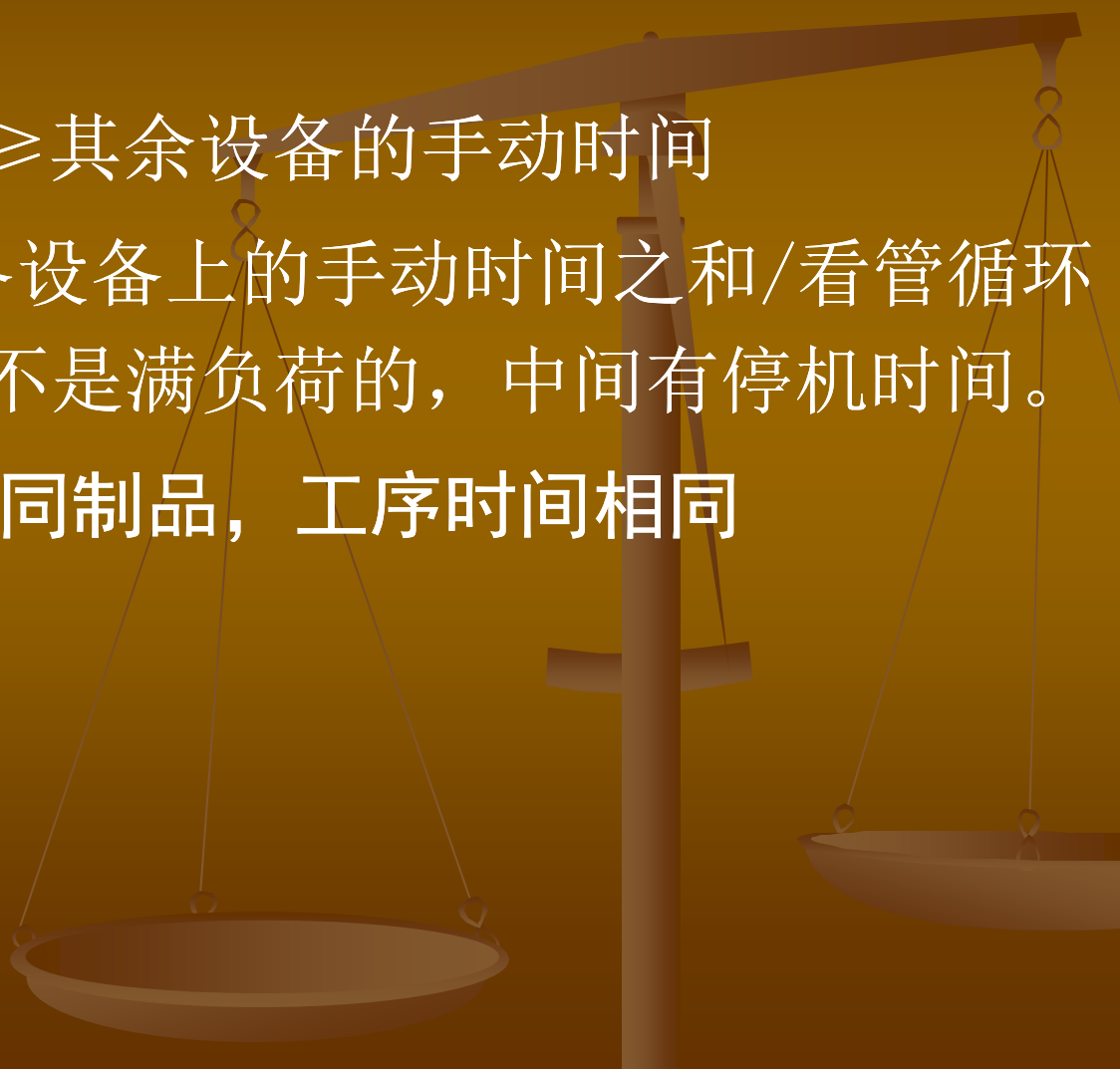
2、看管不同设备、加工不同产品

每台设备加工的产品工序时间不同，手动和机动时间不相等，这是看管期应是最长的工序时间。工人看管台数满足应如下条件：

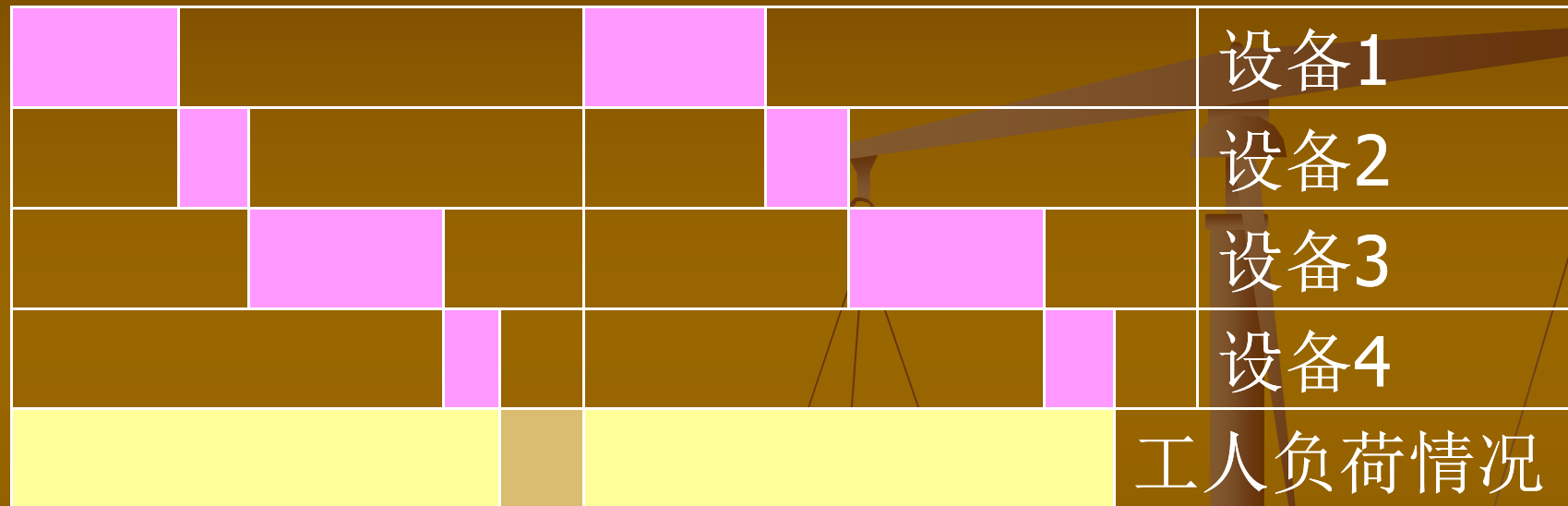
最长工序的机动时间 \geq 其余设备的手动时间

其工人工作负荷率=各设备上的手动时间之和/看管循环期，这时，有些设备不是满负荷的，中间有停机时间。

■ 看管不同设备、不同制品，工序时间相同

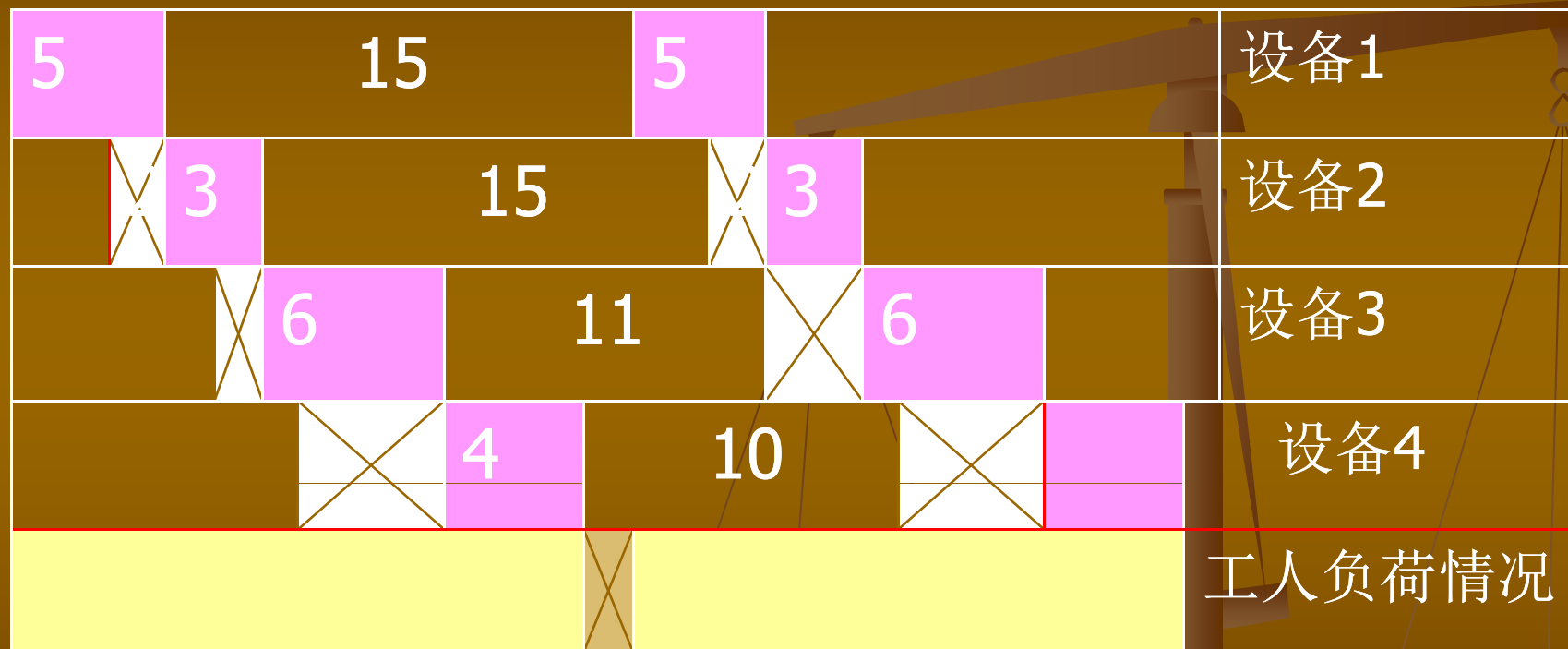


加工不同产品，机动时间加上手动时间的工序时间
相等的情况

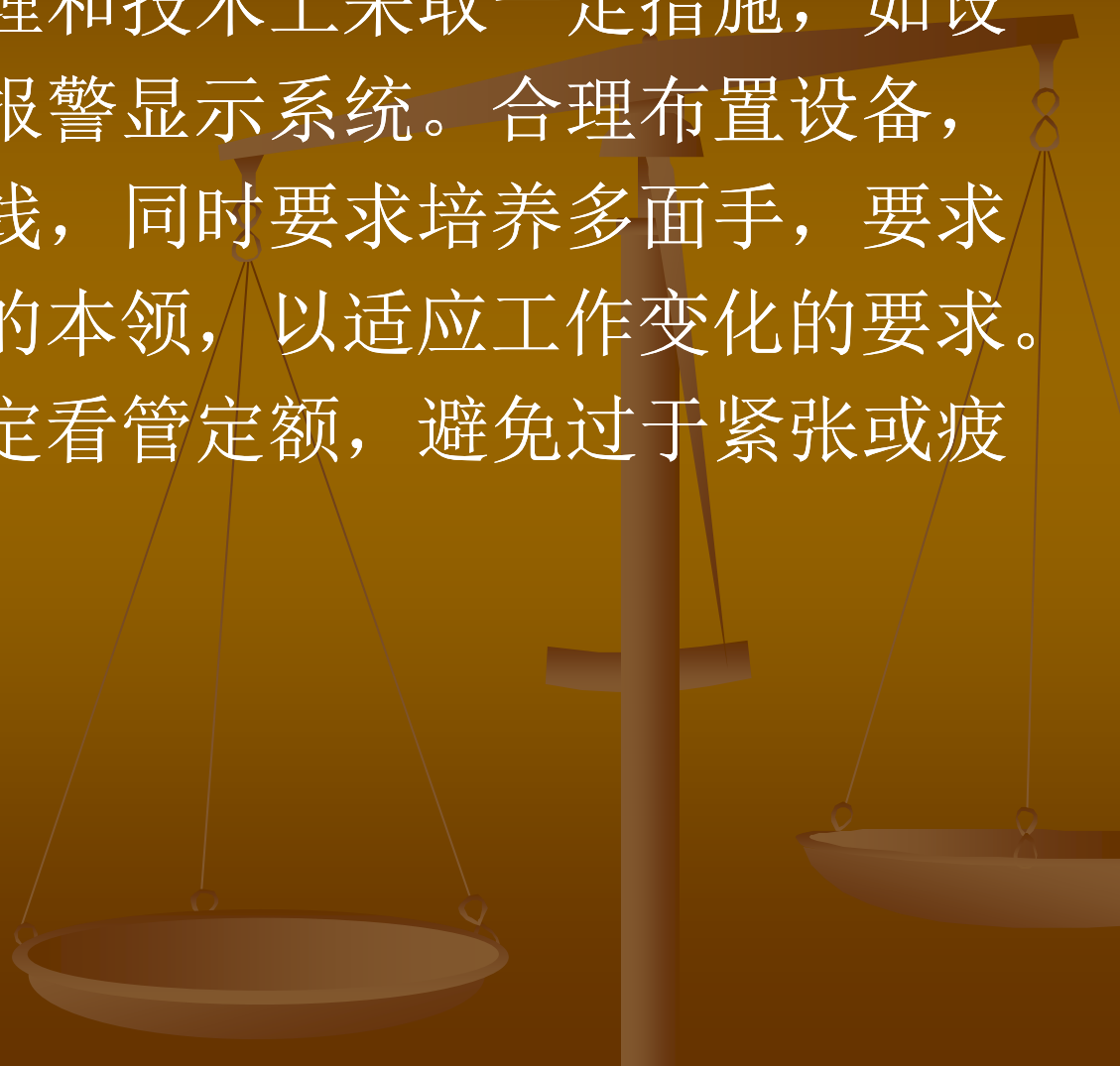


加工不同产品，工序时间不相等的情况。

设备有停顿、工人负荷也不满。



实行多设备看管是一种先进的劳动组织形式，可充分利用工人的工时，节省劳动力、提高劳动效率。但对要求在管理和技术上采取一定措施，如设备采用自动停机和报警显示系统。合理布置设备，缩短工人的巡回路线，同时要求培养多面手，要求工人具有一专多能的本领，以适应工作变化的要求。此外，要求合理制定看管定额，避免过于紧张或疲劳，以防事故发生。



第二节 劳动定额

一、劳动定额的概念

劳动定额是指在一定的技术组织条件下，为完成一定量的产品或任务，所规定的劳动消耗量标准。

劳动定额有两种表现形式：一是用产量表示的定额，叫产量定额(q)。 $=$ 单位时间(班、小时)应完成的产品产量标准。另一种是工时定额(T)= 完成单位产品所需的时间标准 。这两种定额标准在数值上互为倒数。 $t=1/q$ 。

二、劳动定额的作用

劳动定额是企业的一项重要基础性管理工作，

对企业生产管理系统正常运作具有重要的作用。具体表现如下：

- 劳动定额是各项管理工作的依据。生产能力平衡，生产计划和作业计划的制定、生产调度和控制，人员配备等工作都要以劳动定额为依据。
- 劳动定额是成本核算和计算工人报酬的主要根据。要实现按劳分配、多劳多得，则必须要有完善的定额管理制度，用定额标准衡量各人完成的工作量，据此为工人计算报酬。企业要进行成本控制和成本核算，也要以定额作为依据。料、工、费中，工人的工资报酬，是组成产品成本的主要部分。

三、工时消耗分类

工时消耗分类是将工人在一个工作班内的全部时间按一定的标准分类。以发现工时消耗的漏洞，提高工时消耗的合理性。为制定合理的定额提供依据。

工人在一个工作班的时间消耗，一般可分为定额时间和非定额时间。具体划分如下：

- 定额时间包括：作业时间、布置工作地时间、休息和生理需要时间、准备与结束时间；
- ▣ 作业时间包括：基本时间、辅助时间；
基本时间包括：机动、手动、机手并动时间

手动时间与机动时间有交叉和不交叉两种；

- ▣ **布置工作地时间：**即工人用于照看工作地，使生产现场保持正常所需要的良好状态所必需的时间，他又分为技术性和组织性两种。技术性如：换刀、调整机床、清理切屑等。组织性如：生产组织的需要而消耗在布置工作地的时间，如班前准备和交接班工作。
- ▣ **休息和生理需要时间：**是指为了消除疲劳、保持工人体力及生理需要所消耗的时间。如：工间休息、喝水、上洗手间。这部分时间与劳动强度、工作环境、工作内容有关。

■ 准备与结束时间

职工人接受某项任务后做准备工作和做结束工作所消耗的时间。前者包括：领取技术图纸资料和工具、调试机器、安装工夹具；后者包括：交验产品、退料、交还工具、图纸等，这类事件的特点是每批产品只发生一次，这类时间消耗之与工作内容极其复杂性有关，而与批产品的数量无关。

■ 非定额时间：是指完成某项工作不是必需的时间消耗。而是由于管理工作的事物或工人违反劳动纪律等原因造成的时间损失。包括：

■ 非生产工作时间：工人做了本职工作以外的工作所

消耗的时间。如领料、运输、停机从事社会工作；

□ **非工人造成的时间损失。**是指由于管理不善是生产中断所损失的时间。如停工待料、停水停电、等待分配工作、等图纸、设备故障等。

□ **工人造成的时间损失。**是指工人违反操作规程造成的责任事故、或违反劳动纪律造成的时间损失。如：迟到早退、上班串岗、做私事等。

四、时间定额的组成

从上述分析可知，非定额时间不能纳入定额中，同时，定额时间的各部分在不同的生产类型中也不同。一般定额时间可表示如下：

● **单件工时定额**=作业时间($T_{\text{作}}$)+布置工作地时间($T_{\text{布}}$)+休息和生理需要时间($T_{\text{休}}$)+准备与结束时间($T_{\text{准}}$)

① 单件生产形式: $T = T_{\text{作}}(1+k_{\text{布}}+k_{\text{休}})+T_{\text{准}}$

② 成批生产形式: $T = T_{\text{作}}(1+k_{\text{布}}+k_{\text{休}})+T_{\text{准}}/n$

③ 大量生产形式: $T = T_{\text{作}}(1+k_{\text{布}}+k_{\text{休}})$ 忽略准备与结束时间是由于大量生产的批量足够大, $T_{\text{准}}/n$ 小到可以忽略。

五、劳动定额的制定

1、劳动定额的制定原则

- ① 定额的制定要快、准、全;
- ② 定额水平需达到先进平均水平;
- ③ 定额水平必须保持各部门的平衡;

④ 定额水平需相对稳定，定期修改；

2、劳动定额的制定方法

□ 经验估工法

由定额人员、技术人员、经验工人组成定额制定小组，根据产品的工艺特点、工艺流程、工装水平、生产组织形式等，以经验分析和判断的方法确定标准。是用于新产品、临时性工作、和批量小、变化快的产品。

□ 统计分析法

根据过去同类产品的实际工时消耗的统计资料，结合考虑当前生产条件的变化情况，来制定劳动定额。

该法简单易行，由于有统计资料作依据，准确性比经验估工法高，但要求资料收集要准确齐全，并根据现有情况调整，清除原有时间消耗中的水分。适用于生产重复性较大、统计工作较健全的企业。

■ 技术测定法

在分析技术组织条件和工艺规程的基础上，对定额个部分时间进行计算和现场测定，据此来确定劳动定额。此法科学准确，但工作量大，适用于大批大量、生产稳定的企业。

以上三种方法各有优缺点和适用范围，实际工作中可结合起来使用。

六、劳动定额的贯彻执行和修改

定额制定出来，必须贯彻到相应车间和班组认真执行。保证实现定额所需的技术组织措施，并按定额要求严格考核，随时检查和掌握定额的执行情况，进行总结分析。

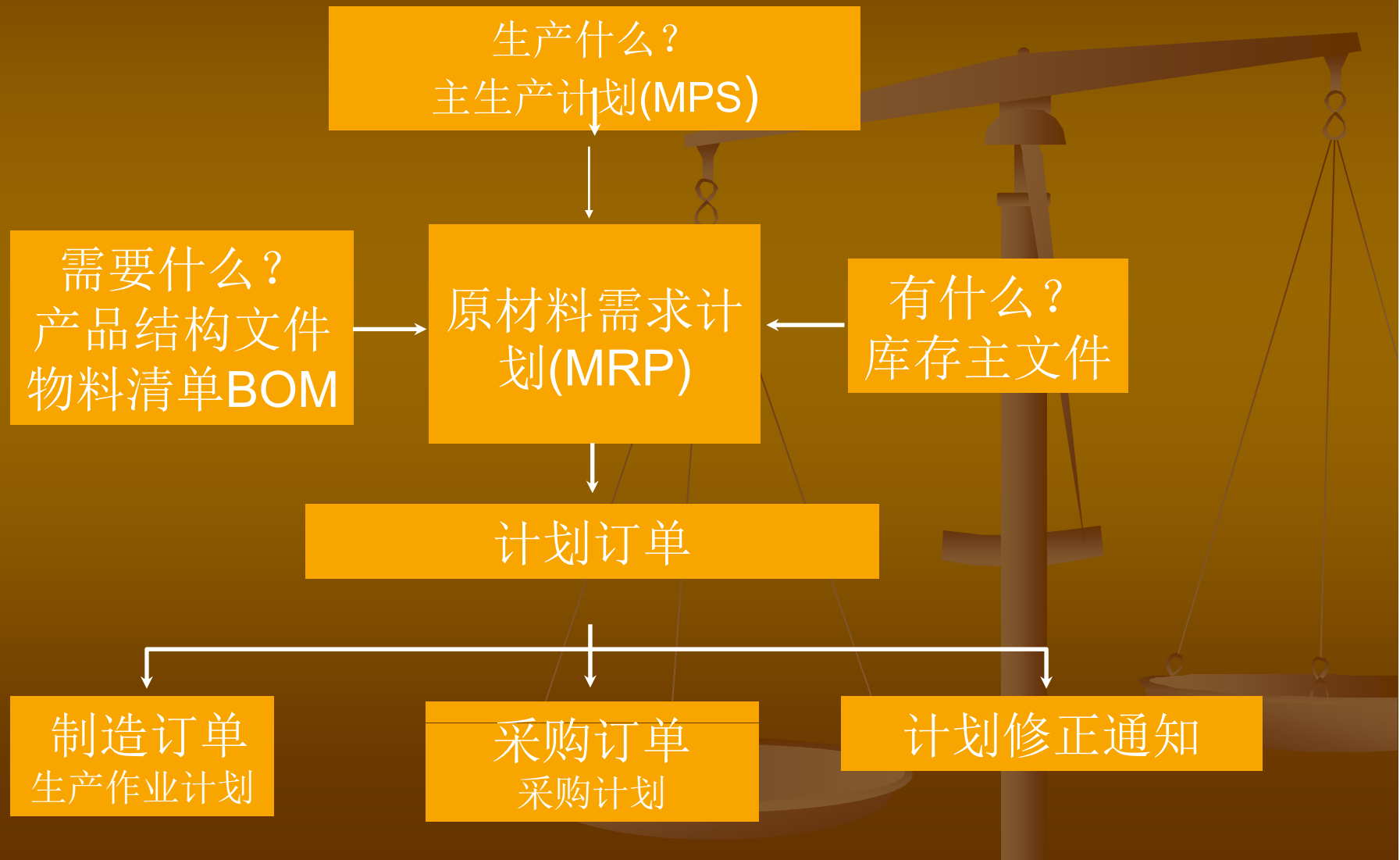
定额太松，将起不到促进工人提高效率的作用，提高工时成本；定额太紧则容易挫伤工人的积极性。因此，劳动定额必须根据生产技术条件的变化定期和不定期地进行必要的调整和修改。修改定额不能太频繁，要稳定性和临时性相结合。一般

定期修改的周期取1-3年，期限长短根据企业具体情况来定。生产条件稳定、劳动定额较准确的企业，修改期限可长些，反之则短些。当企业重大技术组织条件发生变化，对企业劳动定额产生较大影响时，也应进行临时性的定额修改。



■ 第十一章 MRP/MRPⅡ/ERP

第一节 MRP 原理



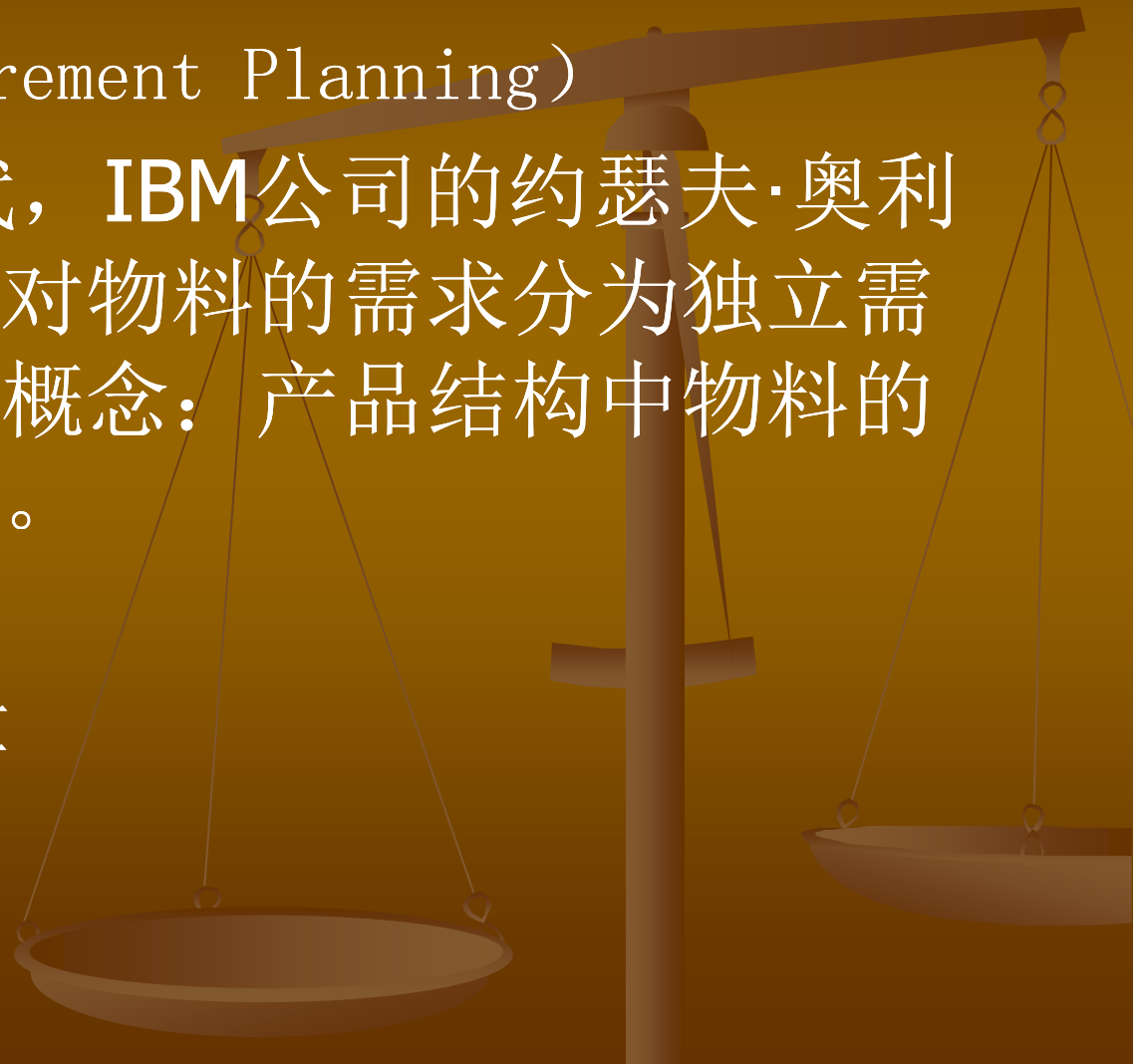
1.1 基本MRP

▣ 物料需求计划理论

(Material Requirement Planning)

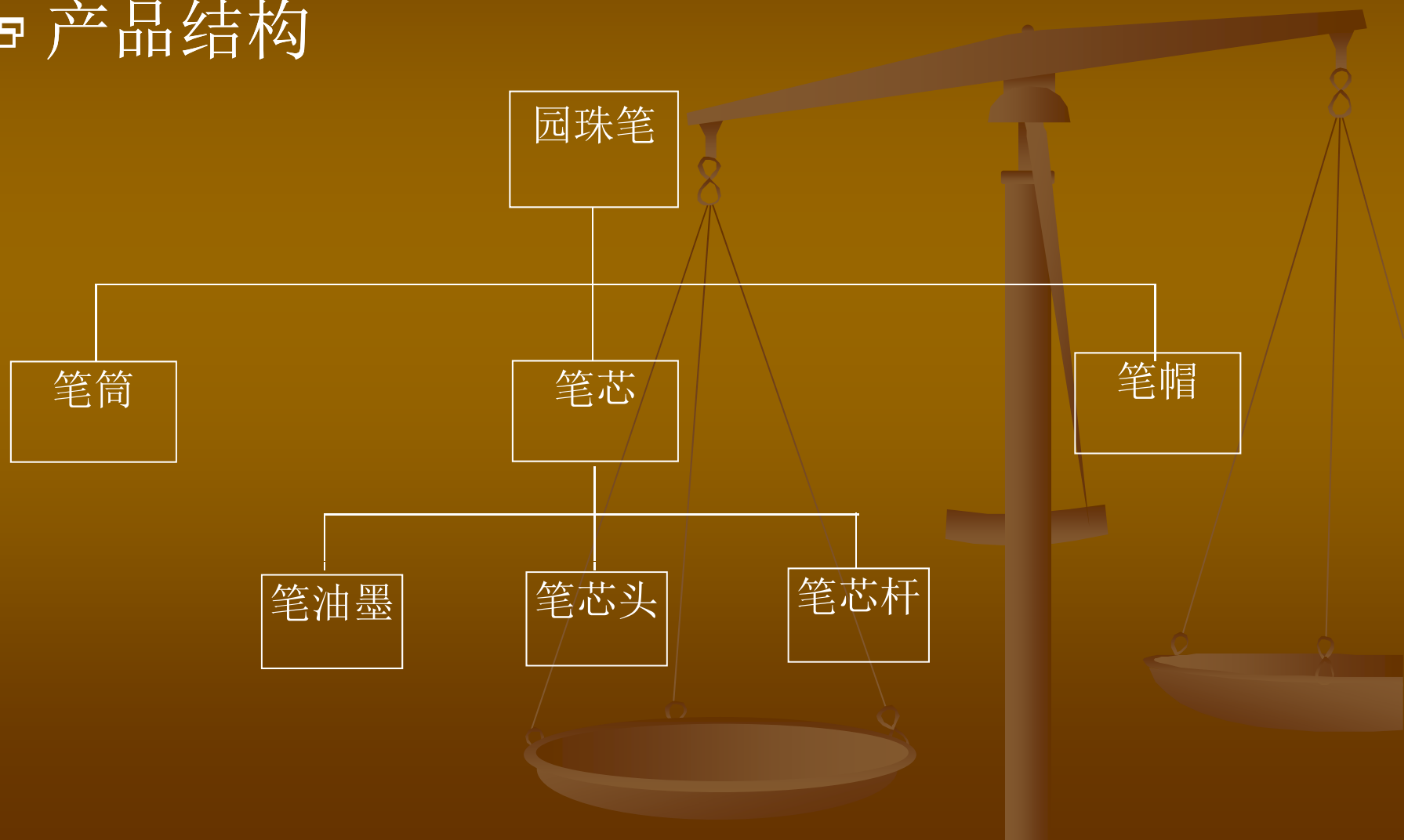
20世纪60年代，IBM公司的约瑟夫·奥利佛博士提出了把对物料的需求分为独立需求与相关需求的概念：产品结构中物料的需求量是相关的。

- ▣ 在需要的时候
- ▣ 提供需要的数量



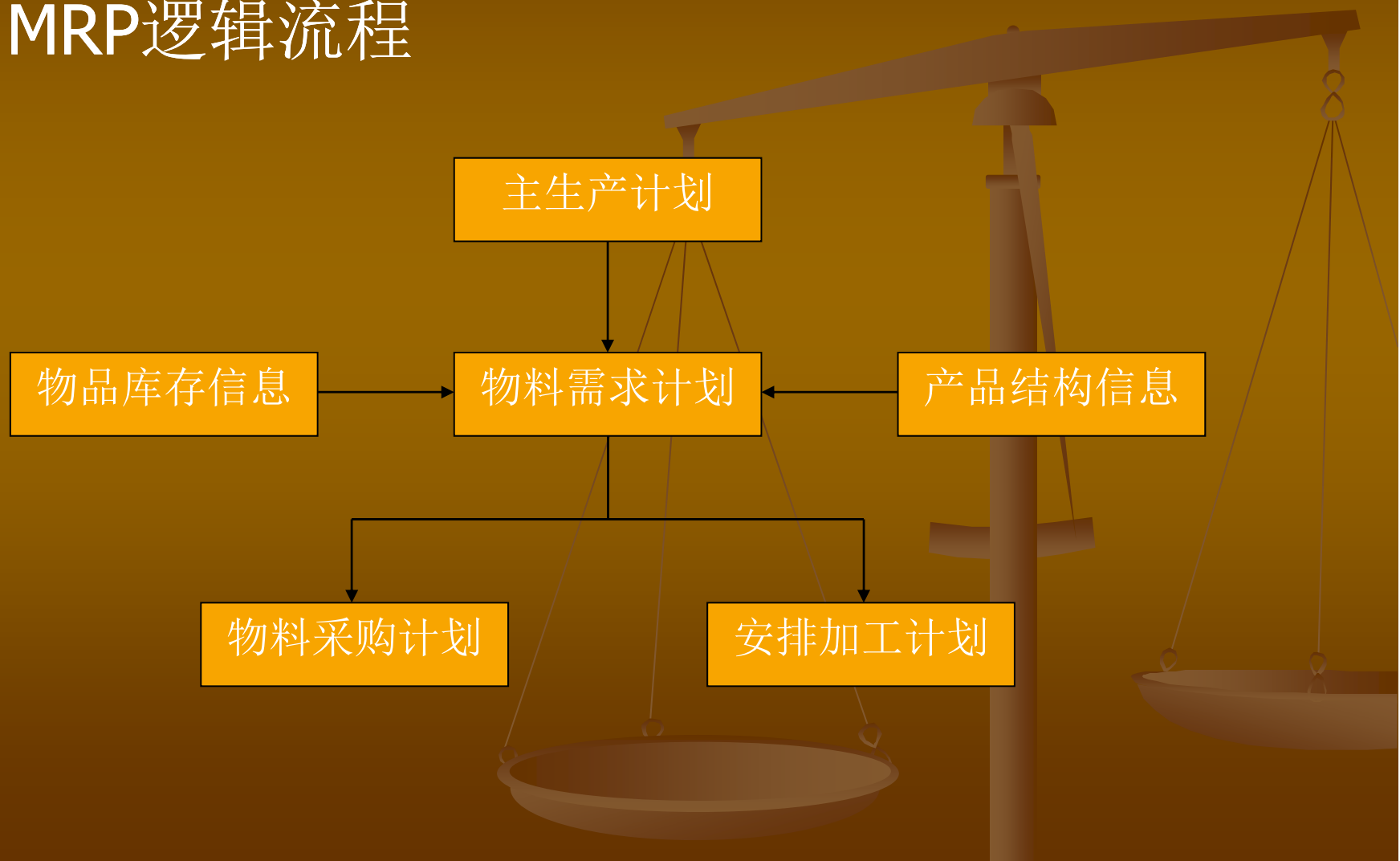
1.1 基本MRP

产品结构



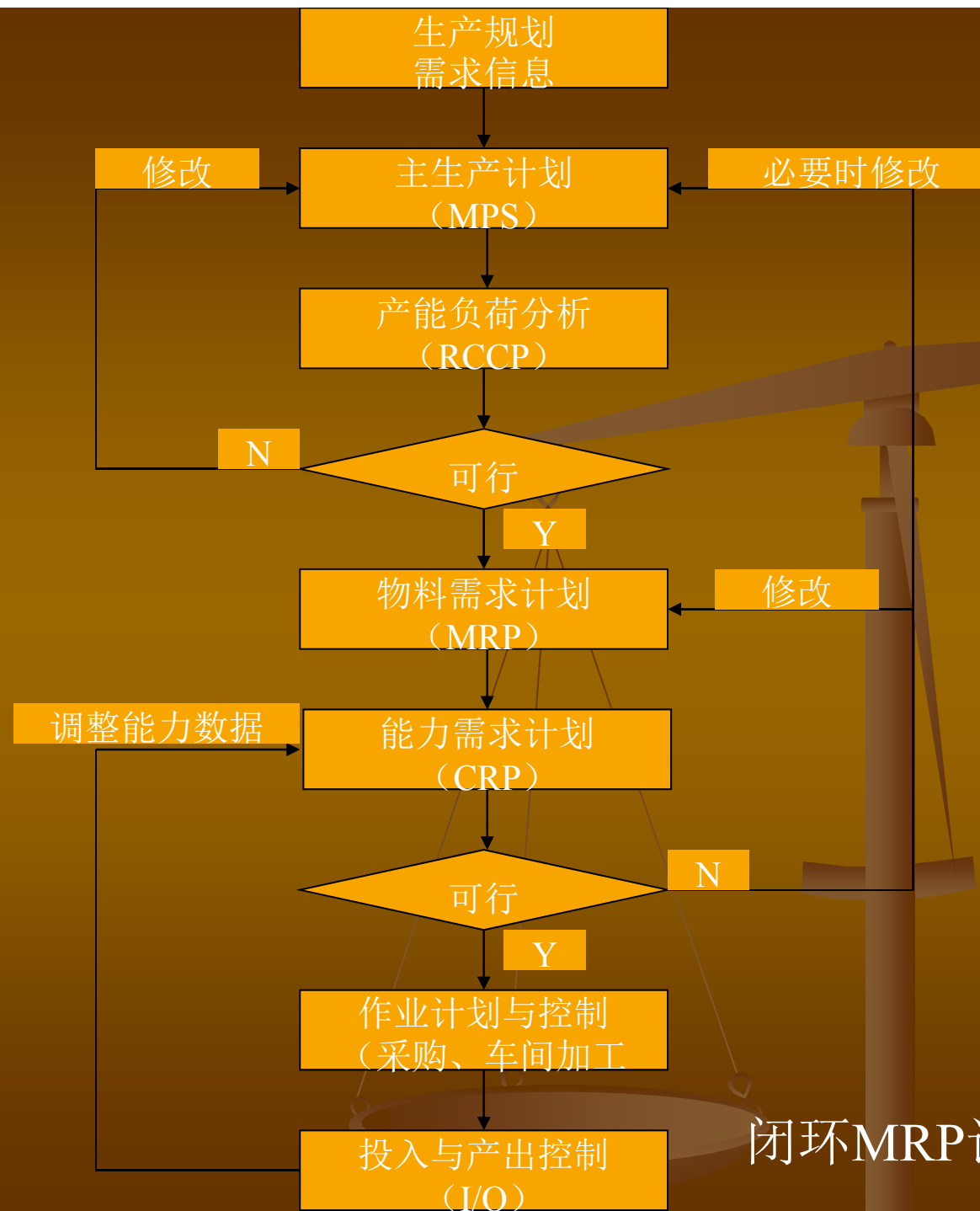
1.1 基本MRP

MRP逻辑流程



1.2 闭环MRP

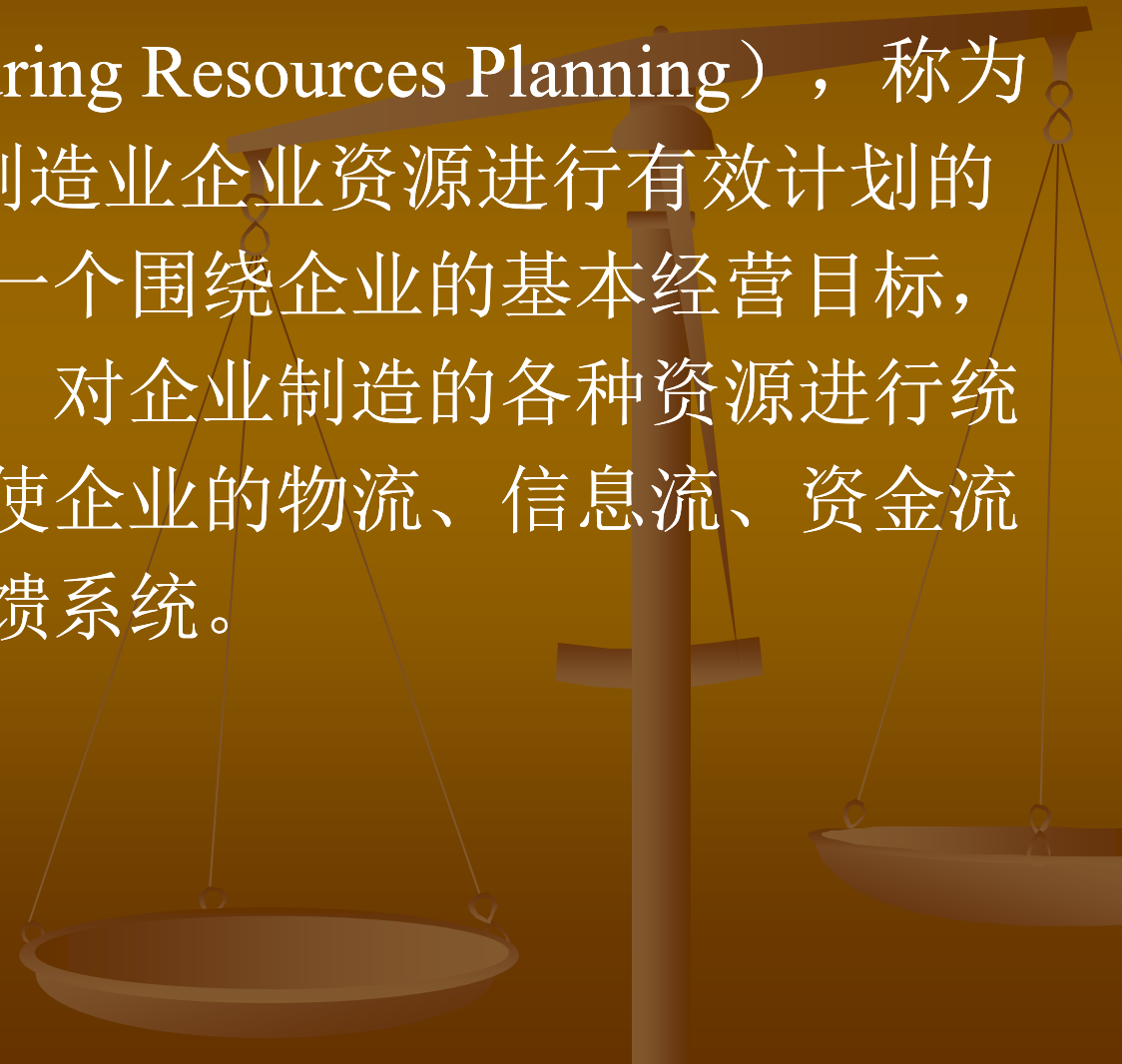
闭环MRP理论认为主生产计划与物料需求计划（MRP）应该是可行的，即考虑能力的约束，或者对能力提出需求计划，在满足能力需求的前提下，才能保证物料需求计划的执行和实现。在这种思想要求下，企业必须对投入与产出进行控制，也就是对企业的能力进行校检、执行和控制。



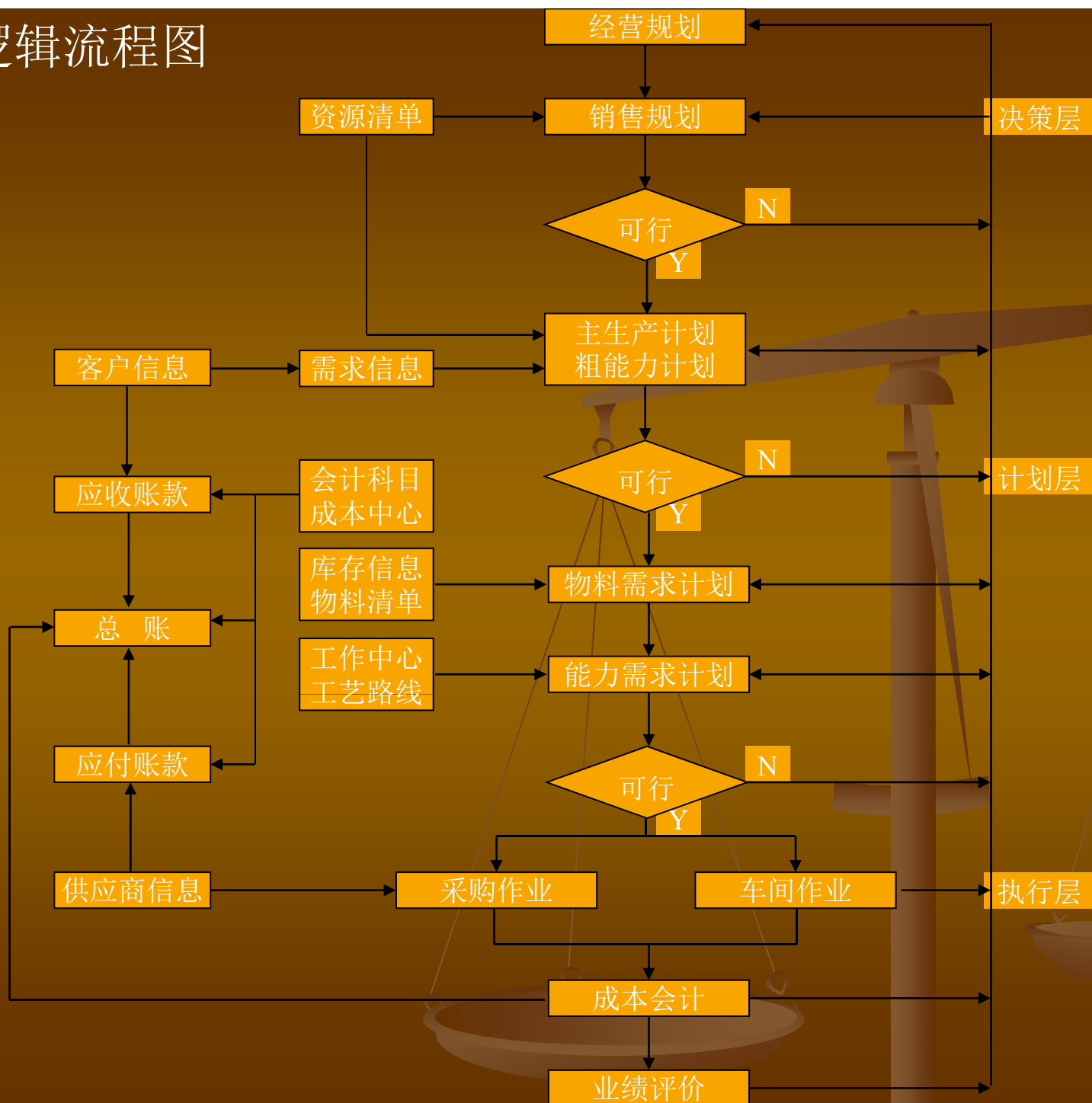
闭环MRP计算流程图

1.3 MRP-II

1977年9月，由美国著名生产管理专家奥列弗·怀特（Oliver W·Wight）提出了一个新概念——制造资源计划（Manufacturing Resources Planning），称为MRPII。MRPII是对制造业企业资源进行有效计划的一整套方法。它是一个围绕企业的基本经营目标，以生产计划为主线，对企业制造的各种资源进行统一的计划和控制，使企业的物流、信息流、资金流流动畅通的动态反馈系统。



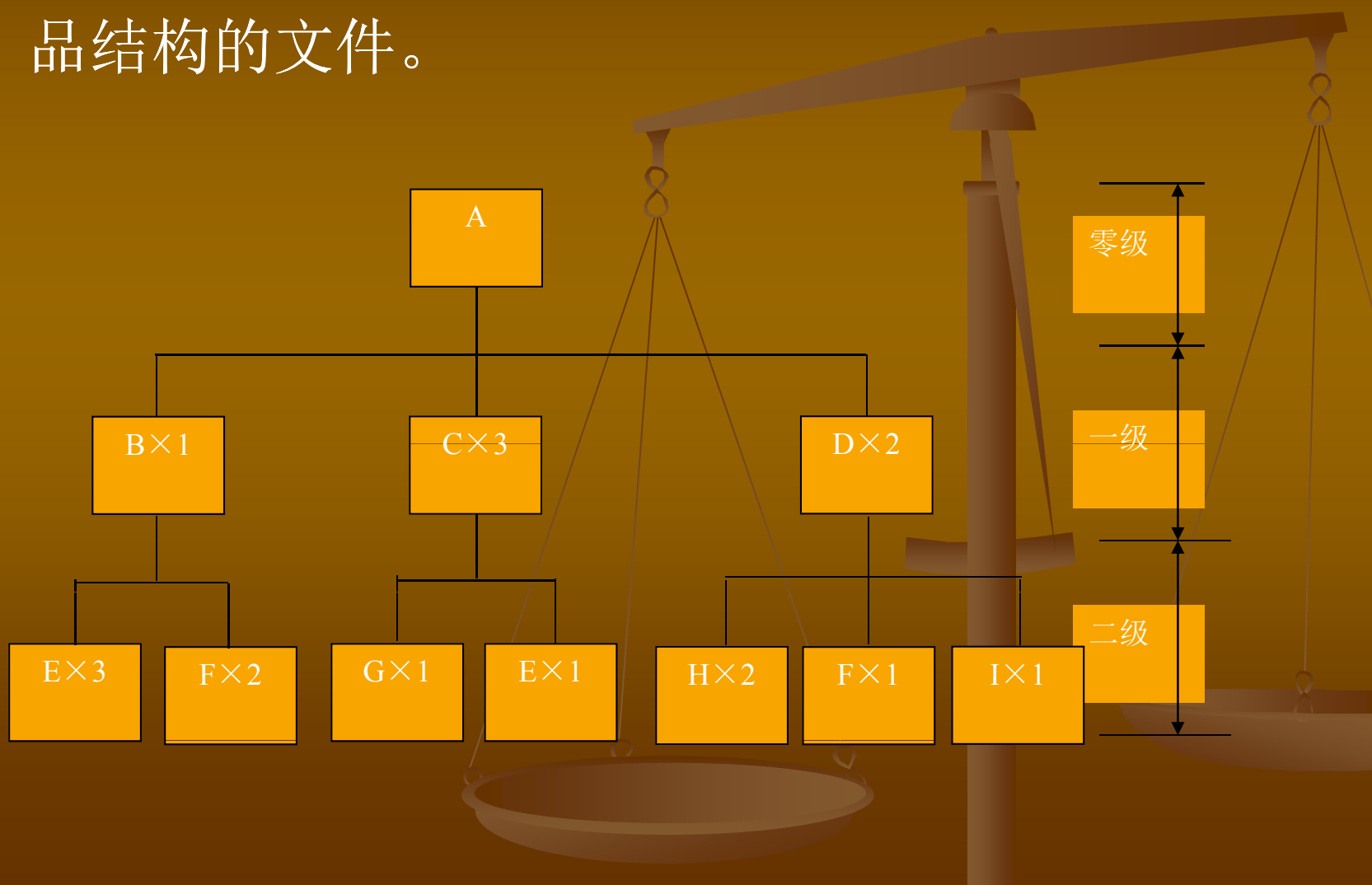
MRPII逻辑流程图



3.2 物料清单

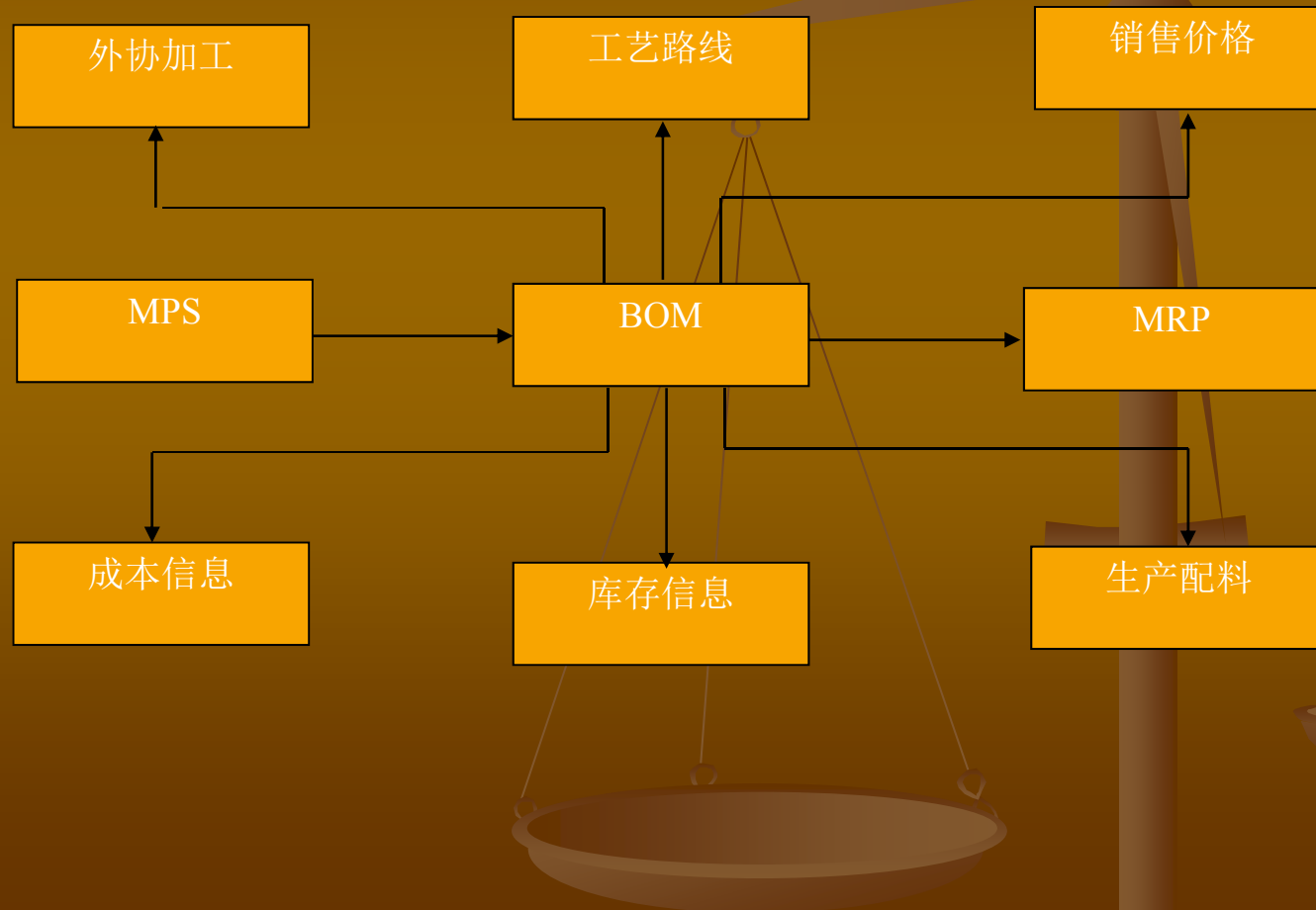
物料清单

物料清单 (BOM—Bill Of Materials) 是描述产品结构的文件。



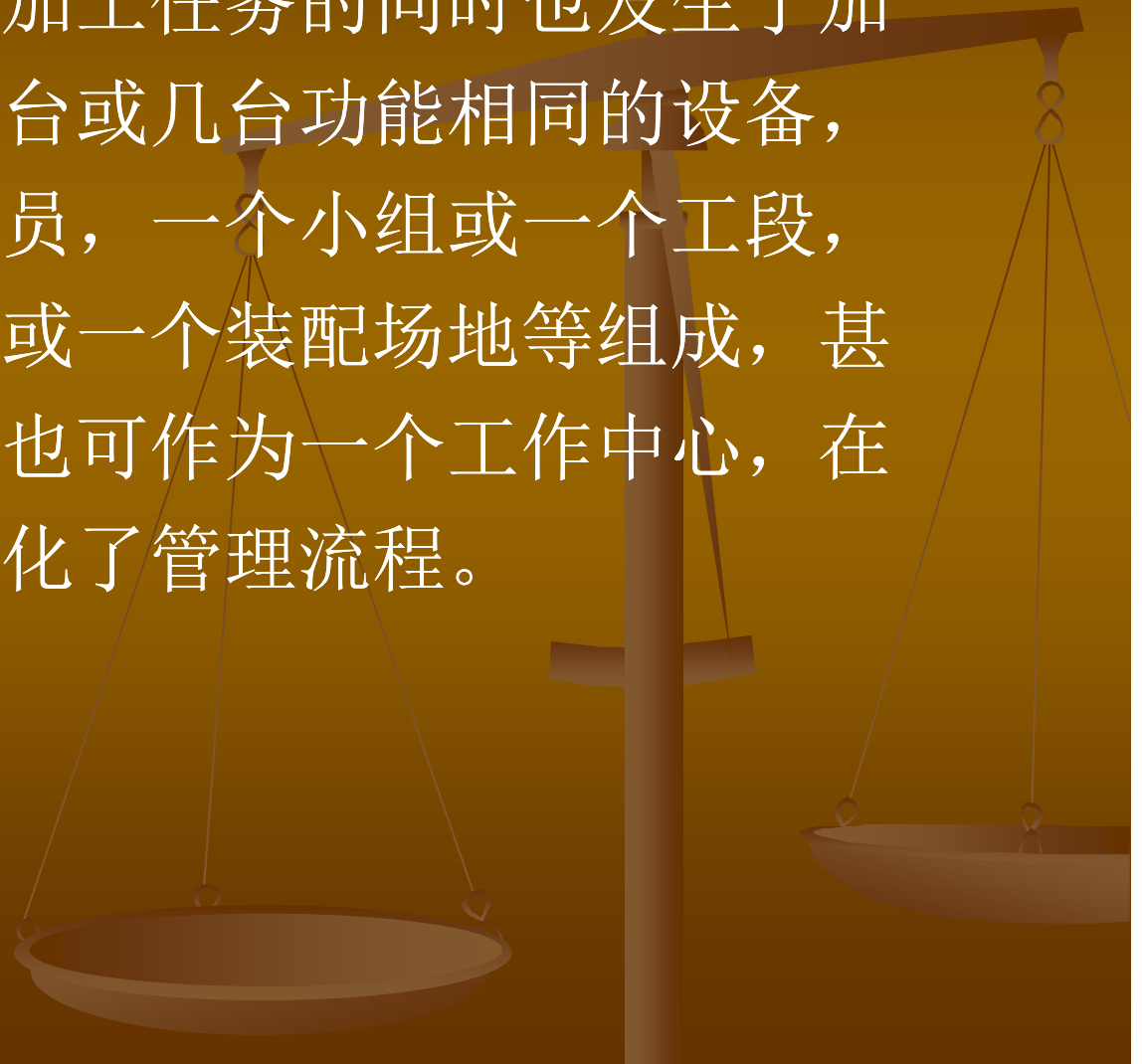
3. 2物料清单

物料清单的作用



3.3 工作中心

- ❏ 工作中心（Working Center）是生产加工单元的统一称，在完成一项加工任务的同时也发生了加工成本。它是由一台或几台功能相同的设备，一个或多个工作人员，一个小组或一个工段，一个成组加工单元或一个装配场地等组成，甚至一个实际的车间也可作为一个工作中心，在这种情况下大大简化了管理流程。



3.4 提前期与计划展望期

提前期与计划展望期

- 提前期是指项工作从开始到工作结束的时间。
 - 生产准备提前期是从生产计划开始到生产准备完成（可以投入生产）。
 - 采购提前期是采购定单下达到物料完工入库的全部时间。
 - 生产加工提前期生产加工投入开始（生产准备完成）至生产完工入库的全部时间。

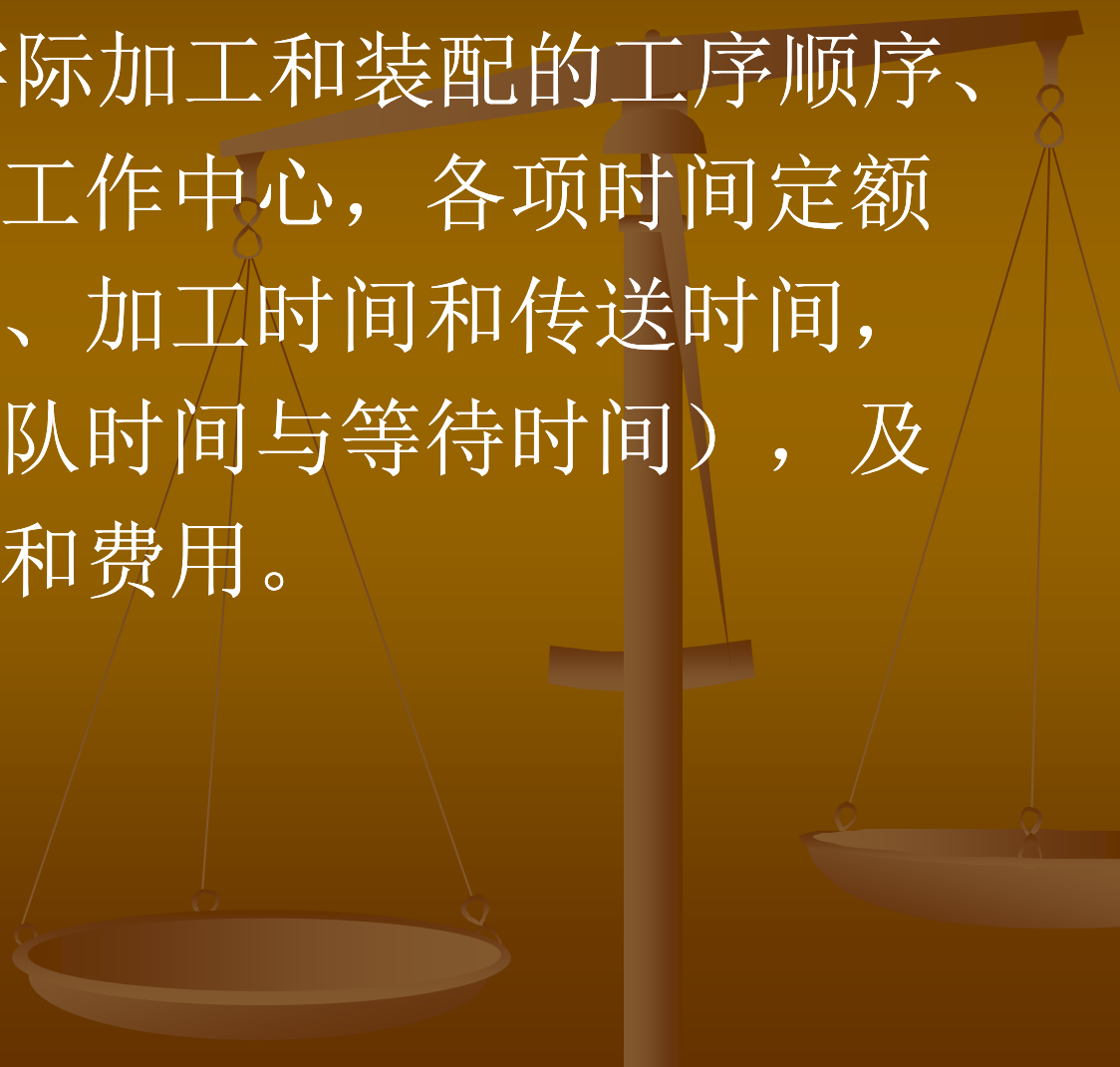
3.4 提前期与计划展望期

- ❑ 装配提前期装配投入开始至装配完工的全部时间。
- ❑ 累计提前期是采购、加工、装配提前期的总和。
- ❑ 总提前期是指产品的整个生产周期，包括产品设计提前期、生产准备提前期、采购提前期、加工、装配、试车、检测、发运的提前期总和。
- ❑ 计划展望期是主生产计划（MPS）所覆盖的时间范围，也既为计划的时间跨度，此长度之外（计划的最末时间后），又是最下一个计划的时间范围。

3.5 工艺路线

☐ 工艺路线 (Routing)

主要说明物料实际加工和装配的工序顺序、每道工序使用的工作中心，各项时间定额（如：准备时间、加工时间和传送时间，传送时间包括排队时间与等待时间），及外协工序的时间和费用。



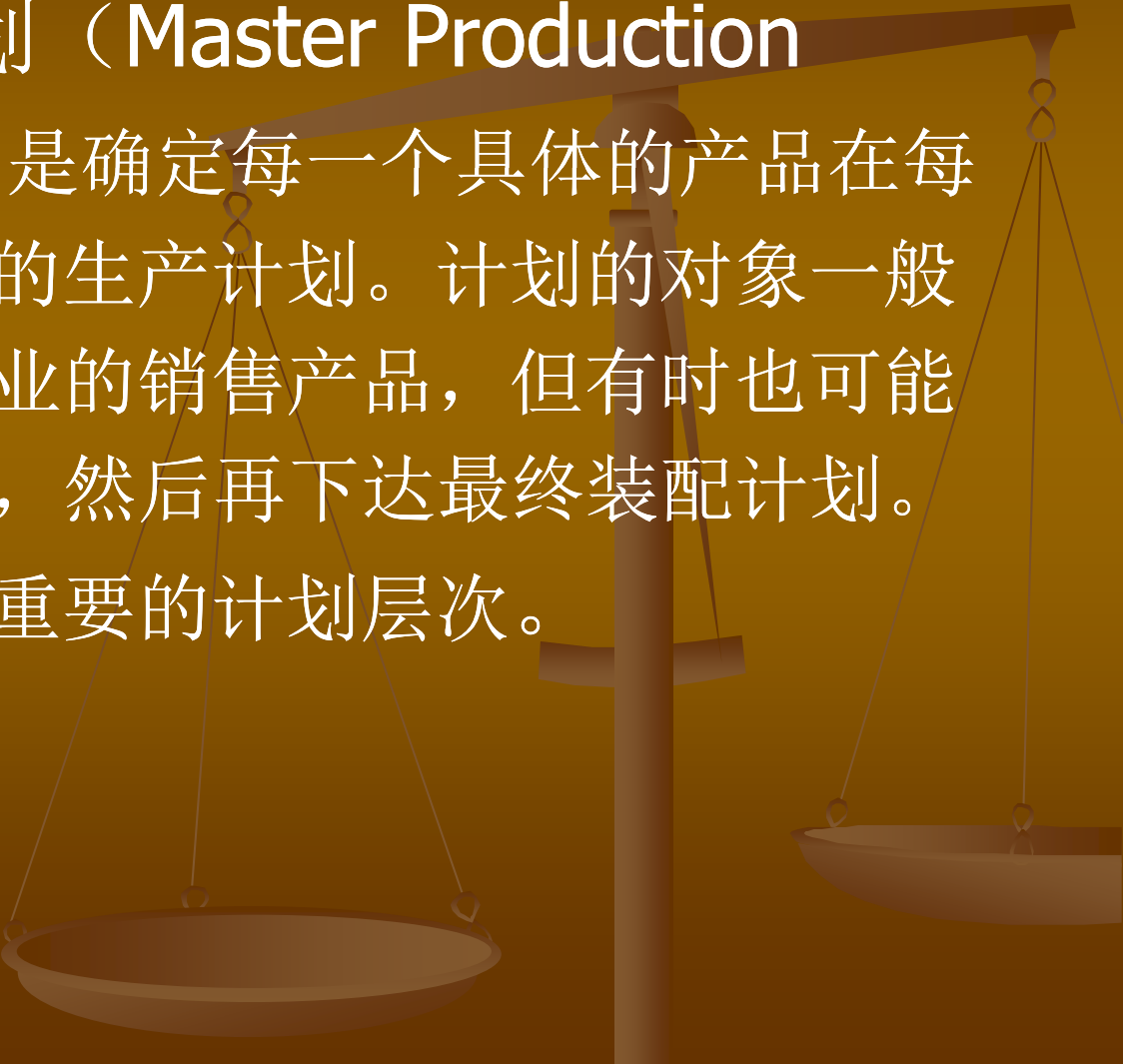
3.6 工作日历

☐ 工作日历

也称为工厂生产日历，它包含各个生产车间、相关部门的工作日历，在日历中标明了生产日期、休息日期、设备检修日，这样在进行MPS与MRP的运算时会避开休息日。不同的分厂、车间、工作中心因为生产任务不同、加工工艺不同而受不同的条件约束，因而可能会设置不同的工作日历。

5. 主生产计划（MPS）

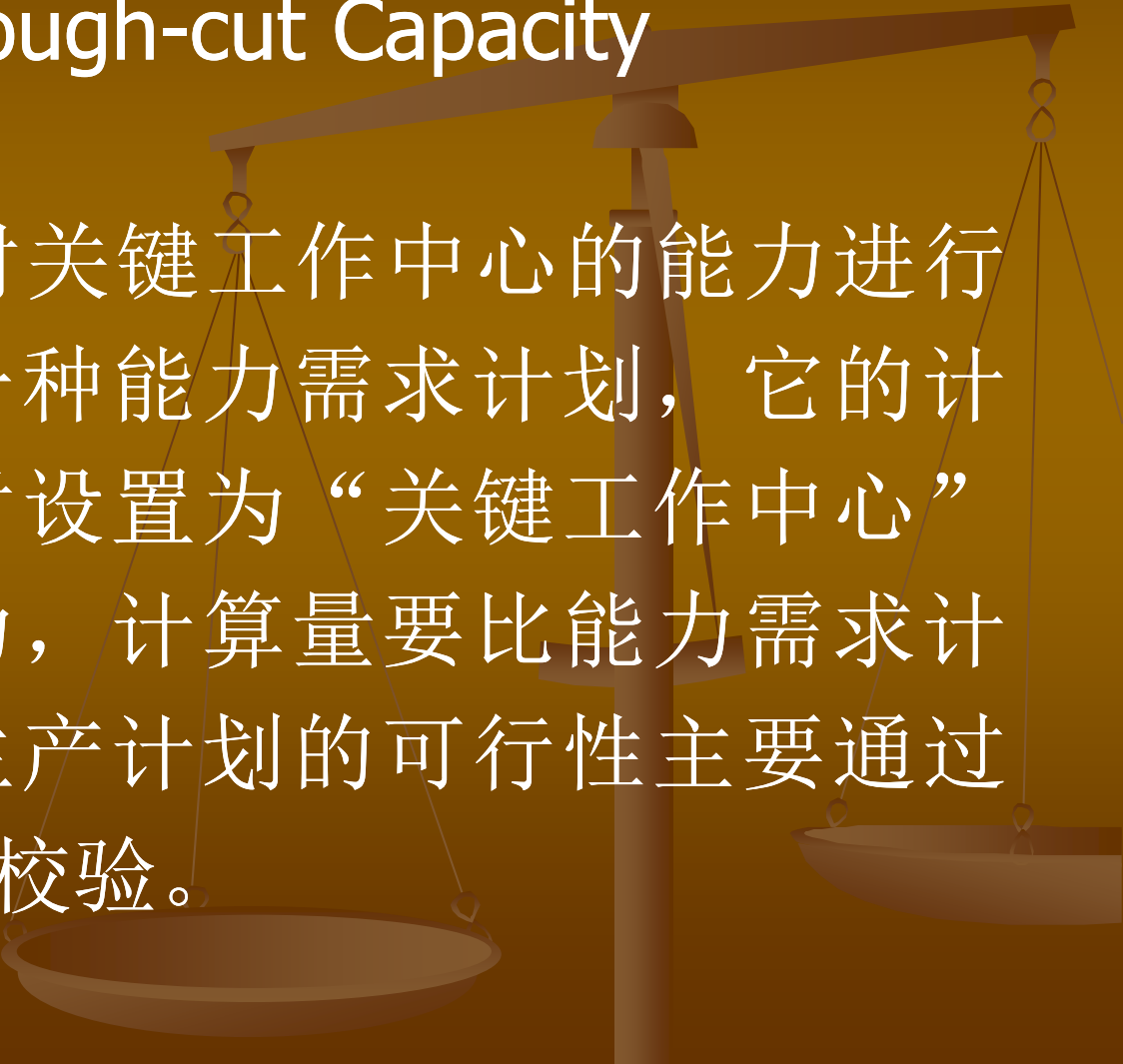
主生产计划（Master Production Schedule-MPS）是确定每一个具体的产品在每一个具体的时间段的生产计划。计划的对象一般是最终产品，即企业的销售产品，但有时也可能是组件的MPS计划，然后再下达最终装配计划。主生产计划是一个重要的计划层次。



5. 主生产计划（MPS）

粗能力计划（Rough-cut Capacity Planning-RCCP）

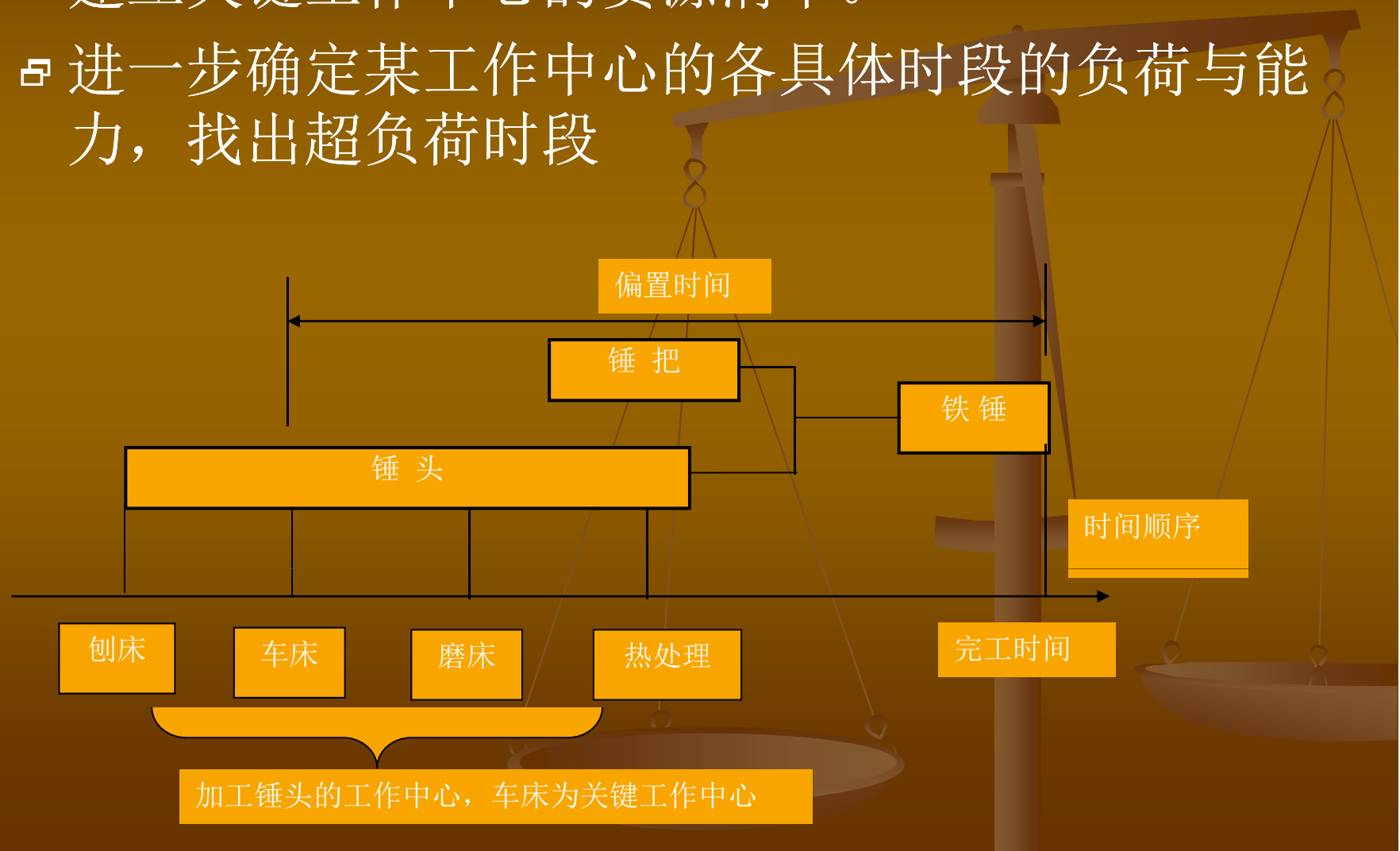
粗能力计划是对关键工作中心的能力进行运算而产生的一种能力需求计划，它的计划对象只是针对设置为“关键工作中心”的工作中心能力，计算量要比能力需求计划小许多。主生产计划的可行性主要通过粗能力计划进行校验。



5.1 粗能力计划的计算

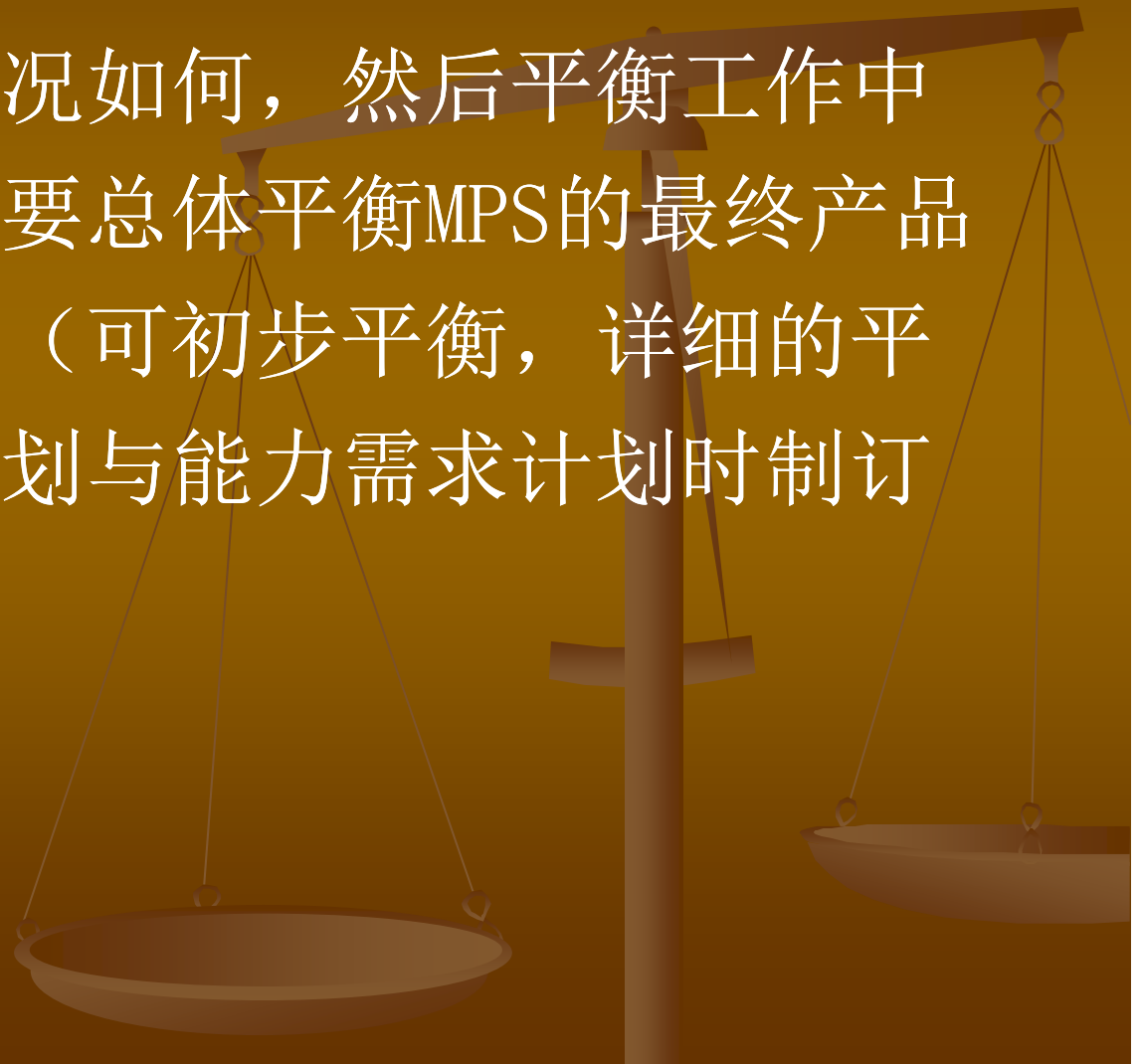
粗能力计划的计算

- 建立关键工作中心的资源清单。
- 进一步确定某工作中心的各具体时段的负荷与能力，找出超负荷时段



5.1 粗能力计划的计算

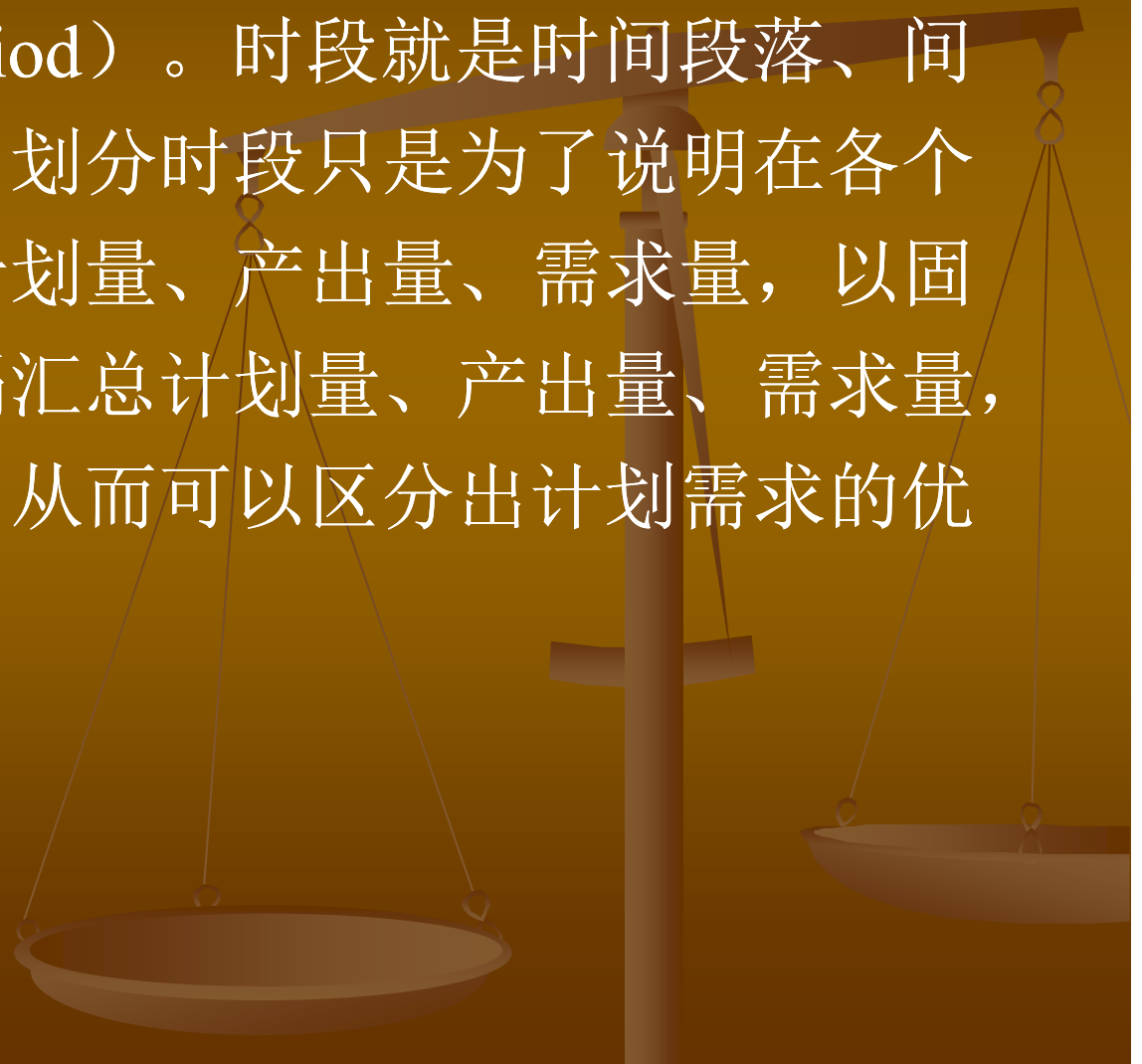
- 再确定各时段的负荷有哪些物品引起的，各占用的资源情况如何，然后平衡工作中心的能力，同时要总体平衡MPS的最终产品的各子件的进度（可初步平衡，详细的平衡在物料需求计划与能力需求计划时制订进行）。



5.2 主生产计划理论

▣ 相关基本概念

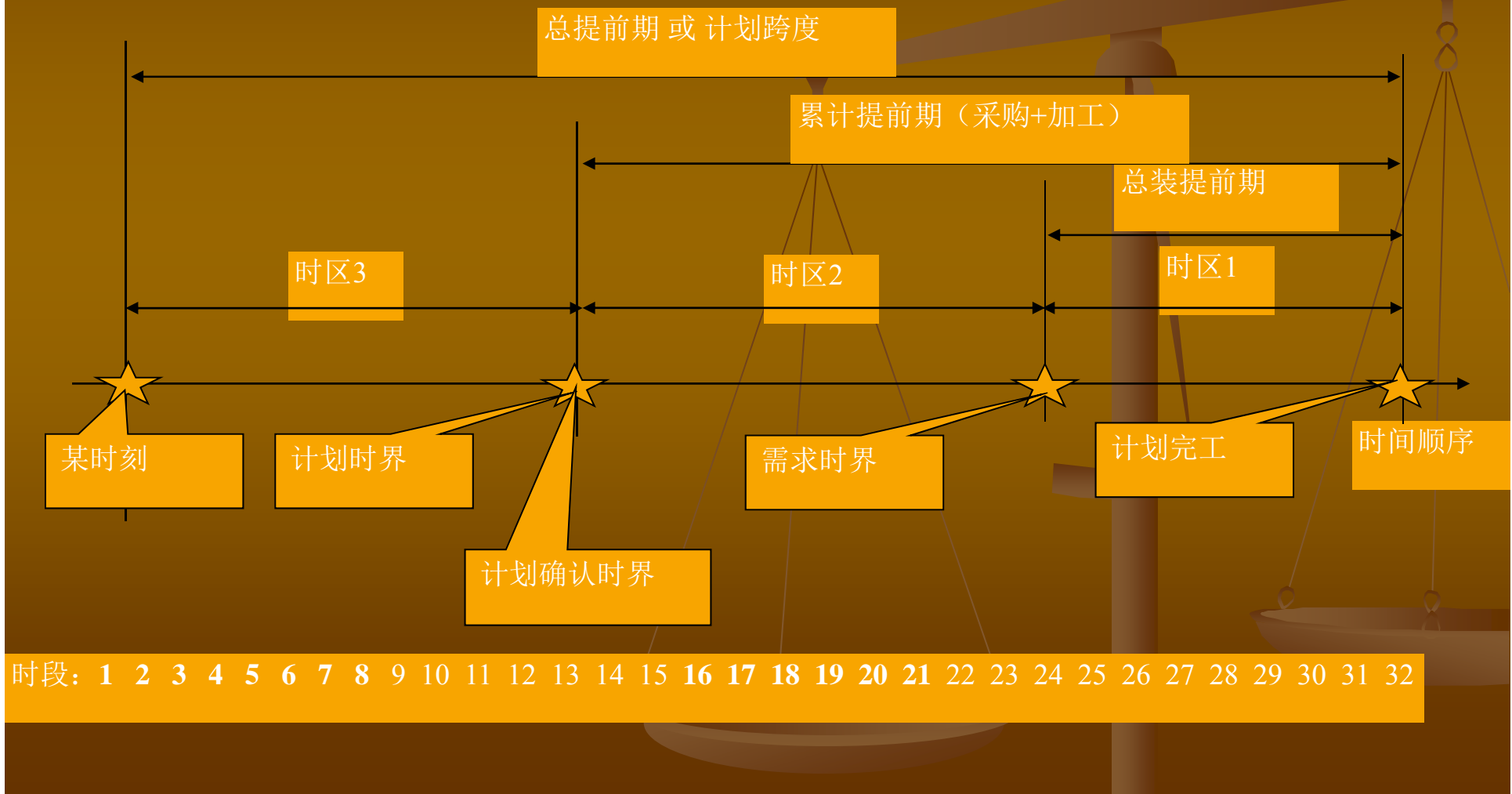
- ▣ 时段（Time Period）。时段就是时间段落、间隔或时间跨度，划分时段只是为了说明在各个时间跨度内的计划量、产出量、需求量，以固定时间段的间隔汇总计划量、产出量、需求量，便于对比计划，从而可以区分出计划需求的优先级别。



5.2 主生产计划理论

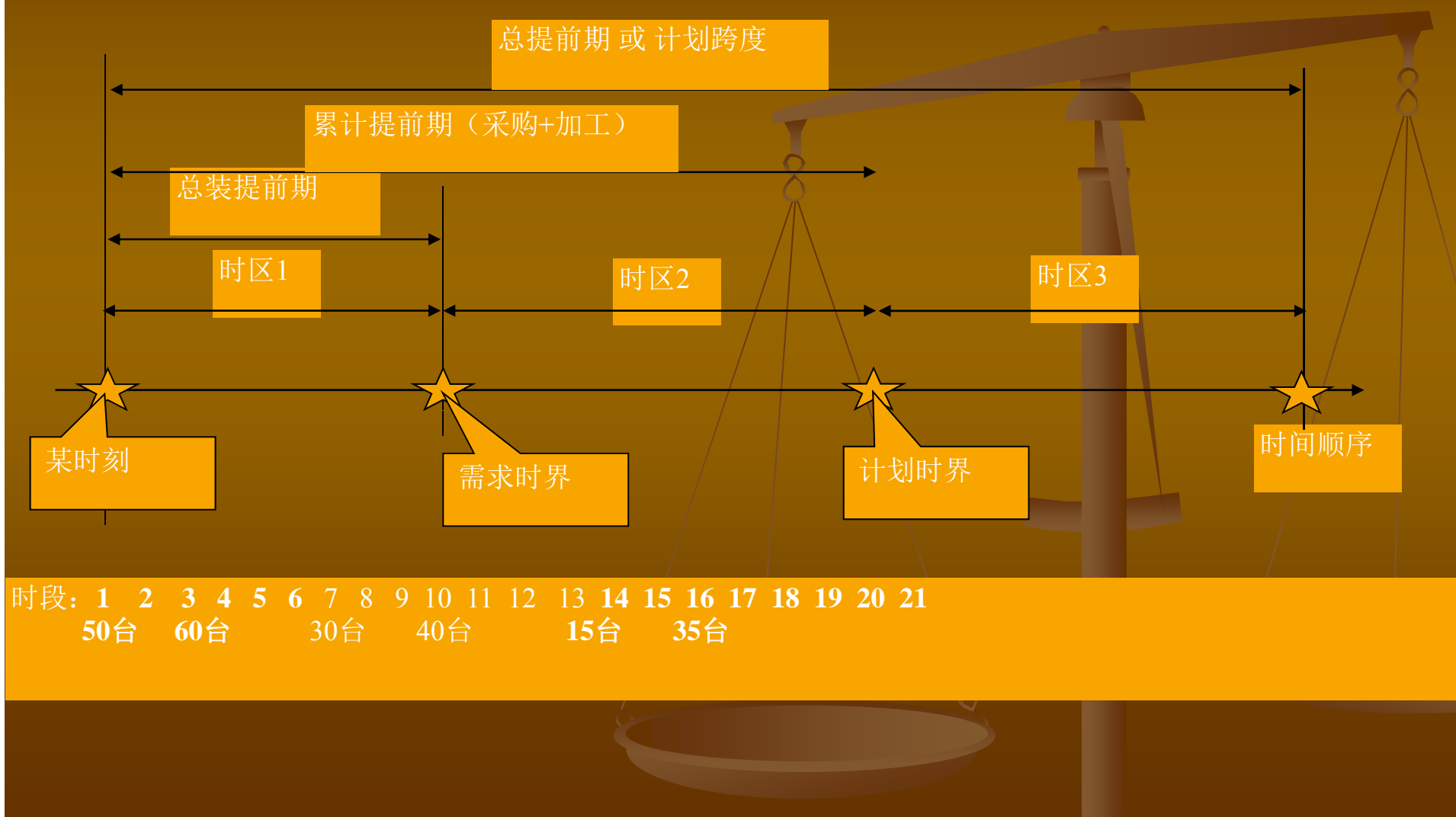
☐ 时区(Time Zone)与时界 (Time Fence)

☐ 某产品单次生产计划在时间上的时区分布关系



5.2 主生产计划理论

某产品多个订单计划在时间上的时区分布关系



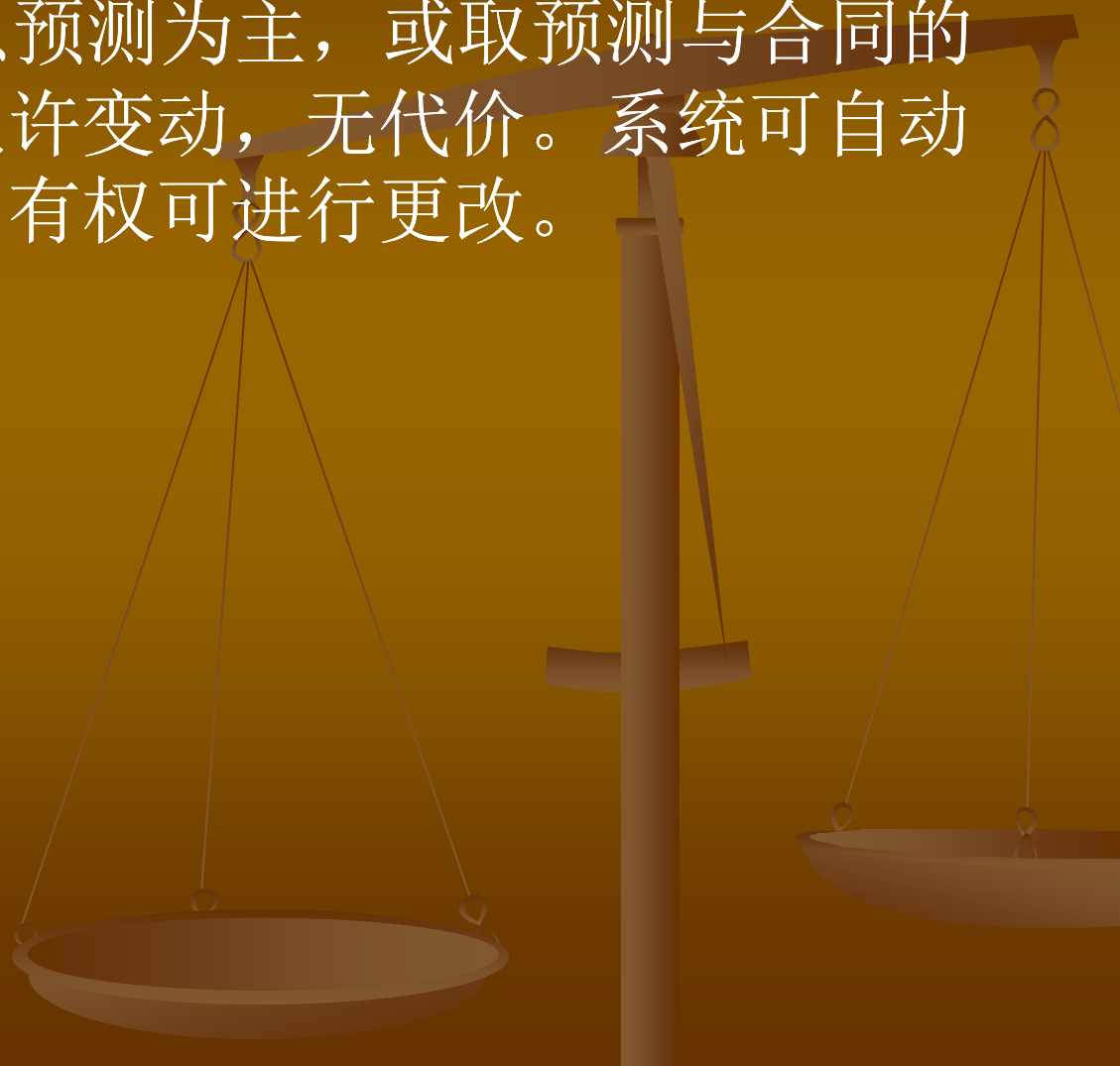
5.2 主生产计划理论

☐ 时区、时界对计划的影响

- ☐ 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。产品已经投入生产，装配已在进行，变动需由厂领导决定，应该尽量避免更改。
- ☐ 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。计划已确认及下达，变动代价大，系统不能自动变动更改，只能由人工干预。

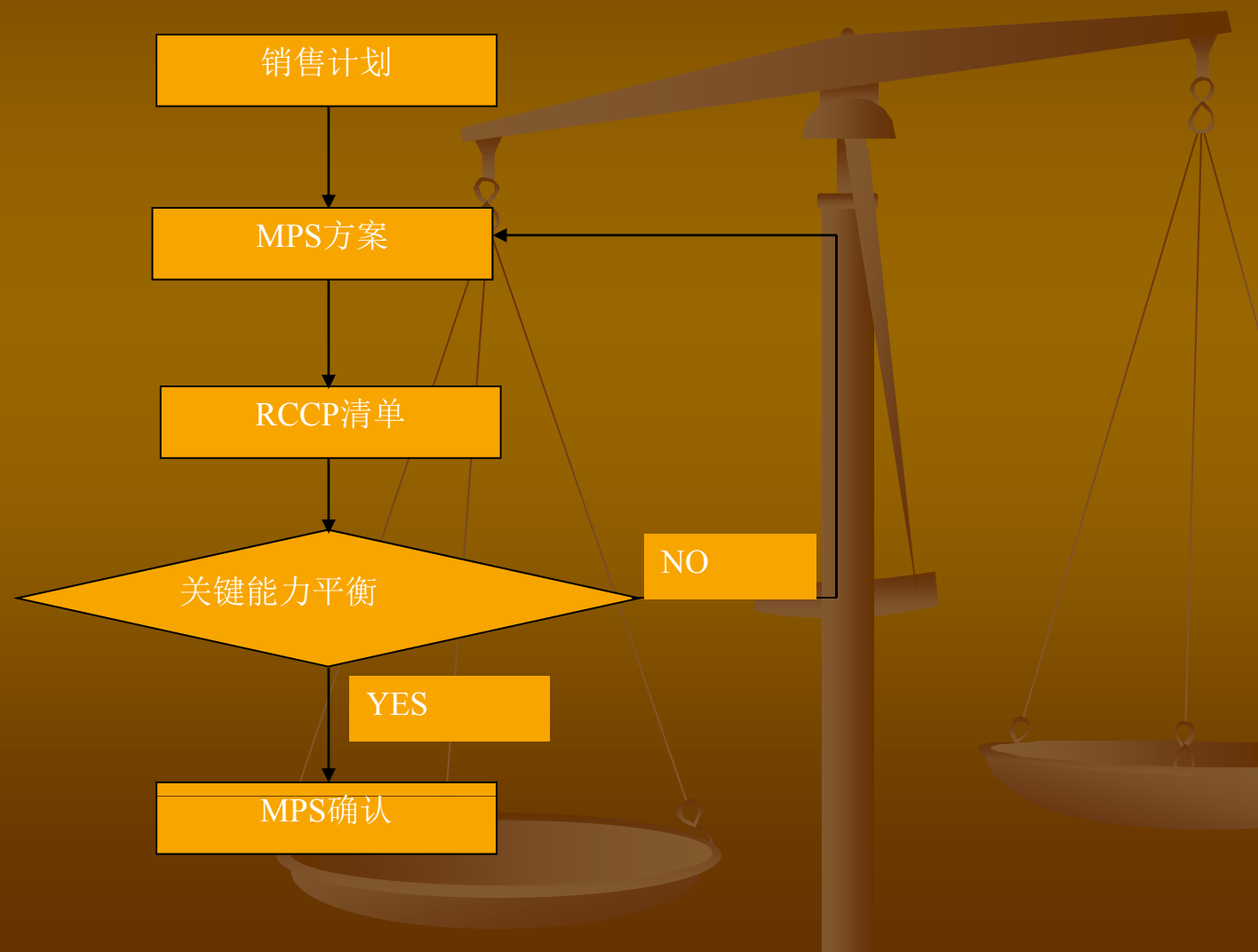
5.2 主生产计划理论

- ▣ 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。

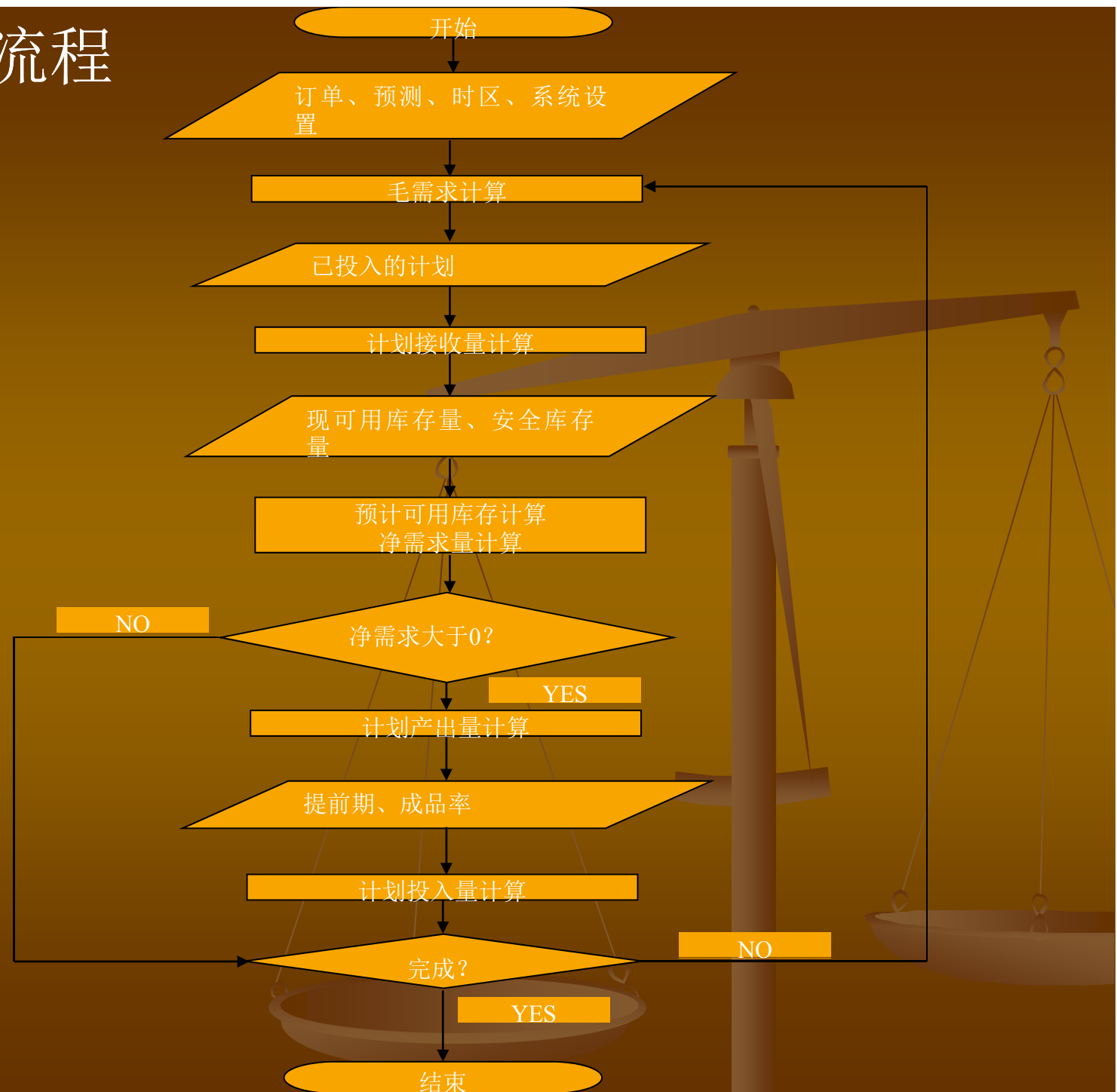


5.2 主生产计划理论

主计划制订流程



MPS计算流程



6. 物料需求计划（MRP）

物料需求计划（Material Requirement Planning，简称为 MRP）是对主生产计划的各个项目所需的全部制造件和全部采购件的网络支持计划和时间进度计划。

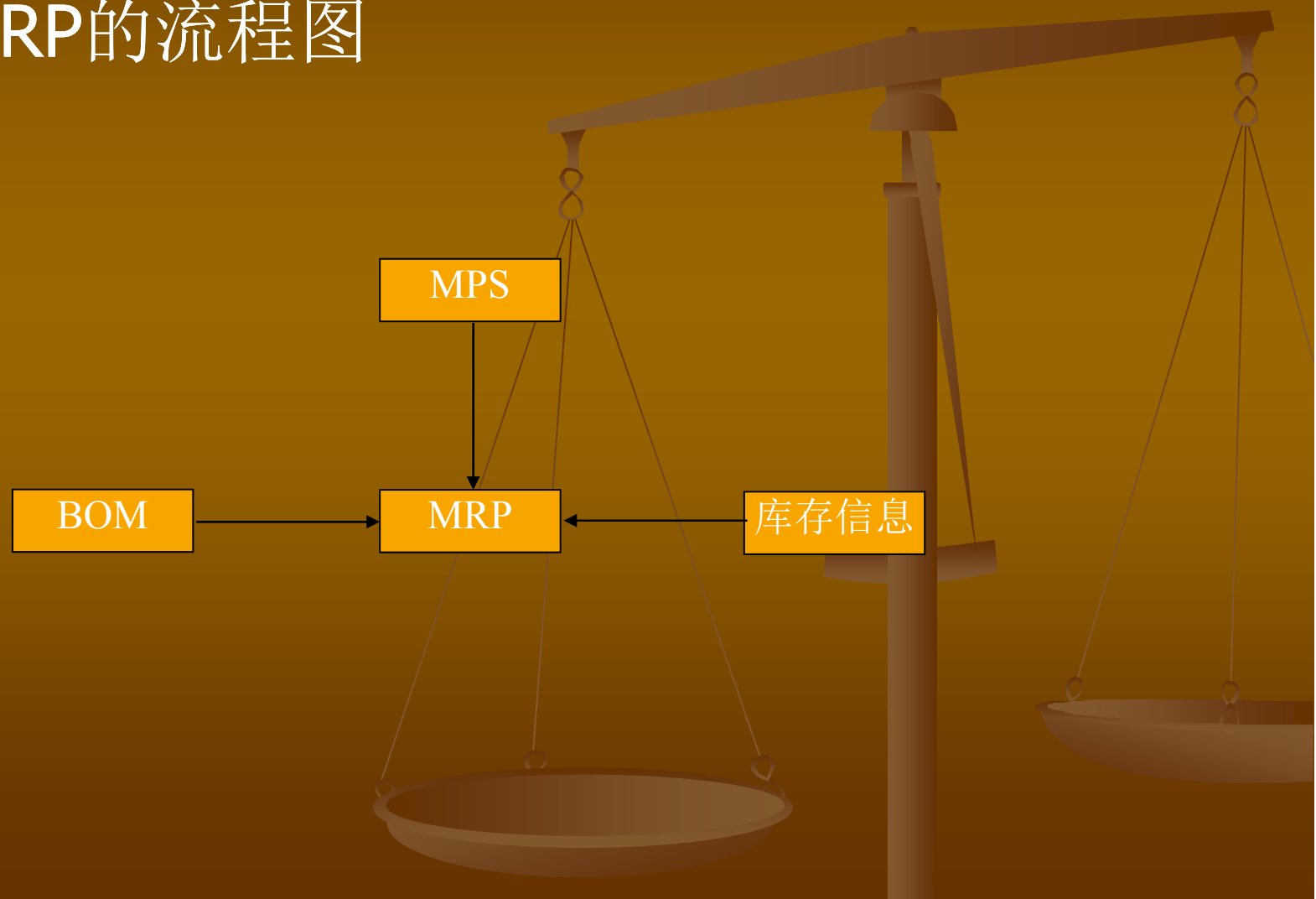


6. 物料需求计划（MRP）

- ▣ 物料需求计划主要解决以下五个问题：
 - ▣ 要生产什么？生产多少？（来源于MPS）
 - ▣ 要用到什么？（根据BOM展开）
 - ▣ 已经有了什么？（根据物品库存信息、即将到货或产出信息）
 - ▣ 还缺什么？（计算出结果）
 - ▣ 何时安排？（计算出结果）

6. 物料需求计划（MRP）

生成MRP的流程图



6. 物料需求计划 (MRP)

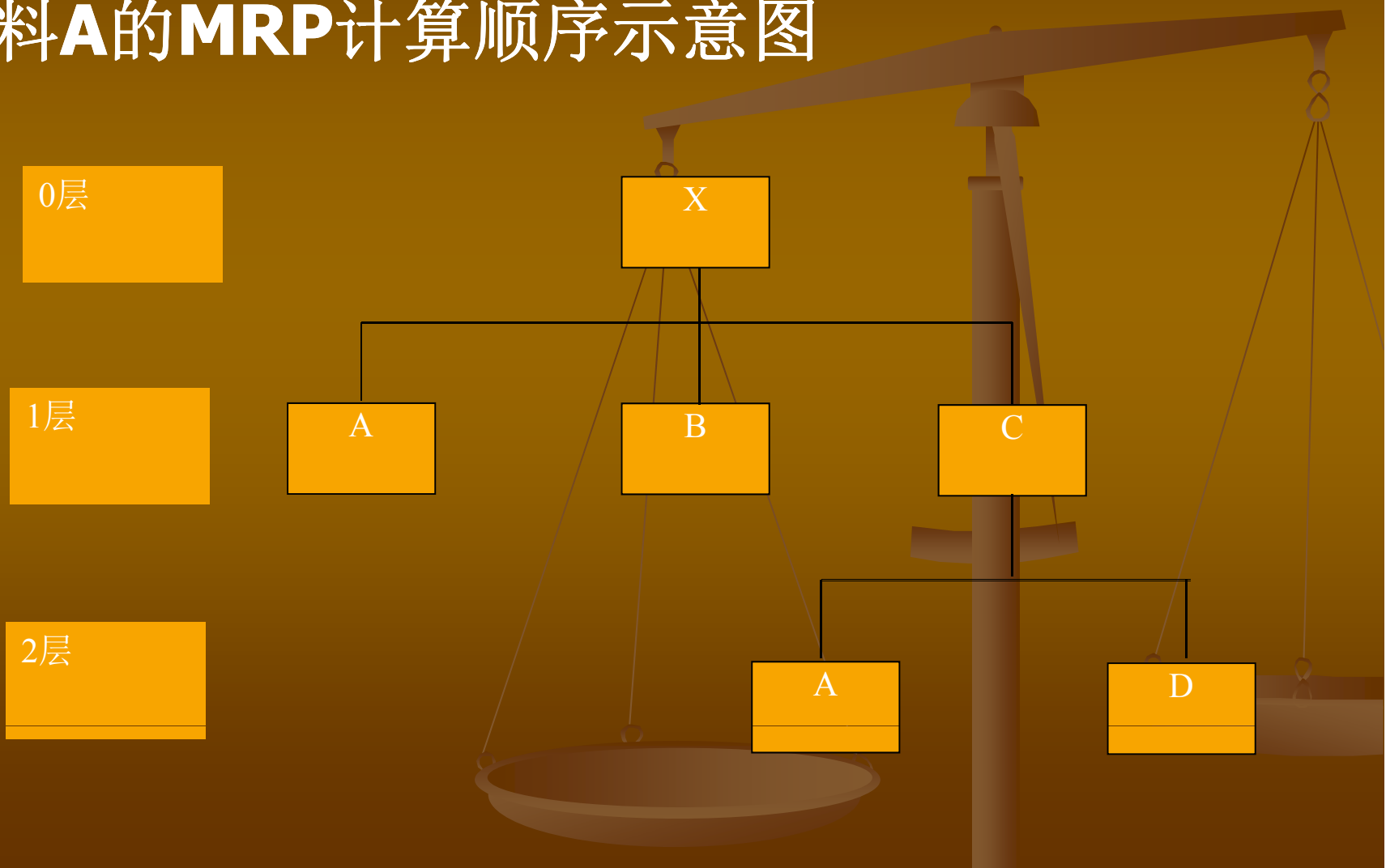
▣ 低层码 (low-level code, 简称LLC)

▣ 概念：物料的低层码是系统分配给物料清单上的每个物品一个从0至N的数字码。在产品结构中，最上层的层级码为0，下一层的部件的层级码则为1，依此类推。一个物品只能有一个MRP低层码，当一个物品在多个产品中所处的产品结构层次不同或即使处于同一产品结构中的但却处于不同产品结构层次时，则取处在最低层的层级码作为该物品的低层码，也既取数字最小的层级码。

- ❏ 作用：在展开MPS进行物料需求计算时，计算的顺序是从上而下进行的，既从产品的0层次开始计算，按低层码的顺序从低层码数字小的物料往低层码数字高的顺序进行计算，当计算到该产品的某一层次（如1层），但低层码不同时（物料的低层码为2），只计算层级高（低层码数字小）的物料（按顺序），层级比计算层次低（低层码数字大于计算的产品层次）的物料的计算结果（毛需求量、净需求量）暂时存储起来，总的需求量可以汇总存储，但不进行MRP需求计算与原材料（或构成的组件）的库存分配，这样可用的库存量优先分配给了处于最低层的物料，保证了时间上最先需求的物料先得到库存分配，避免了晚需求的物品提前下达计划，并占用库存。因此，低层码是MRP的计算顺序。

6. 物料需求计划（MRP）

物料A的MRP计算顺序示意图



6. 物料需求计划（MRP）

MRP子系统与其他子系统的关系图



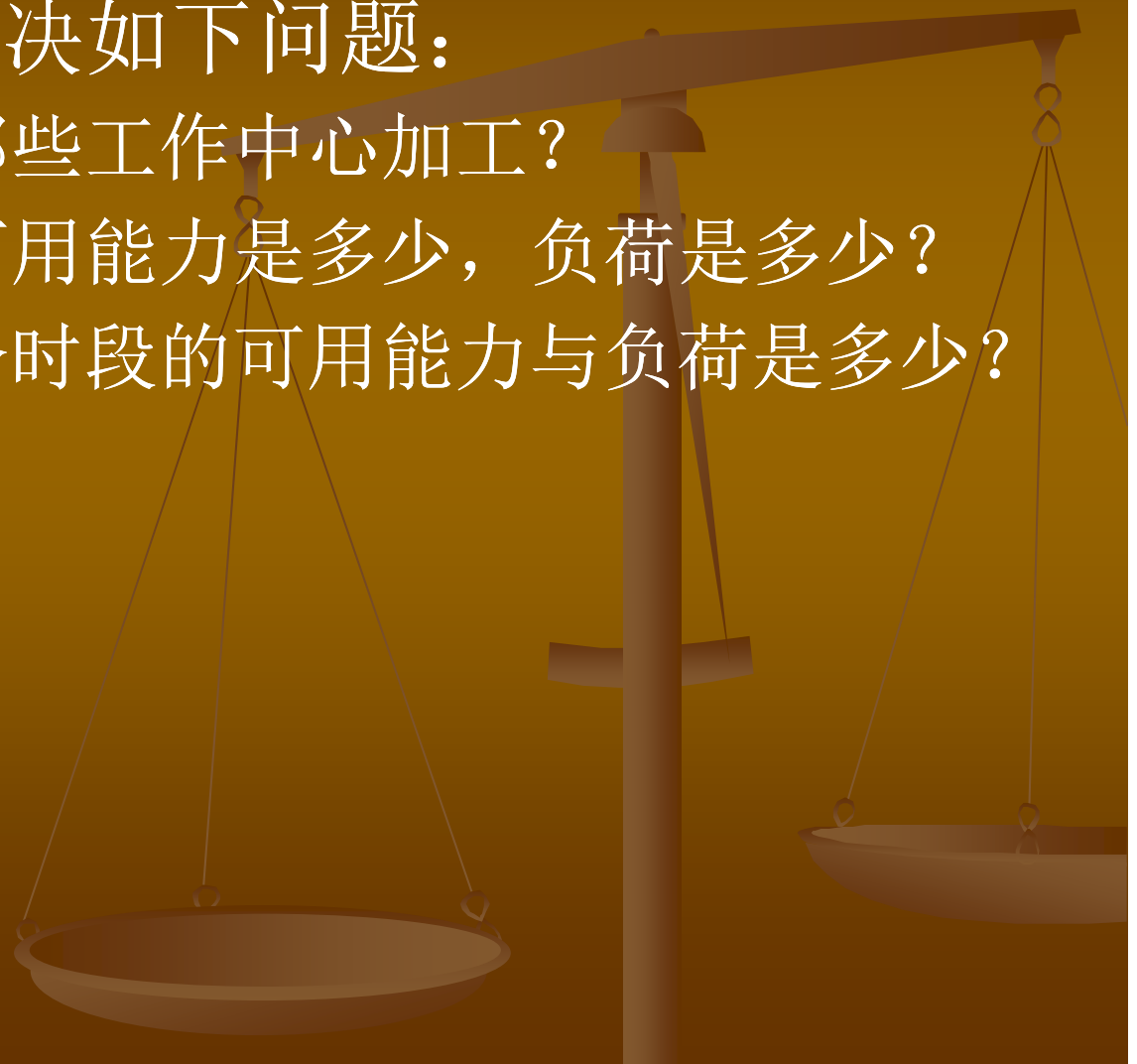
7. 能力需求计划

- ❏ 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。



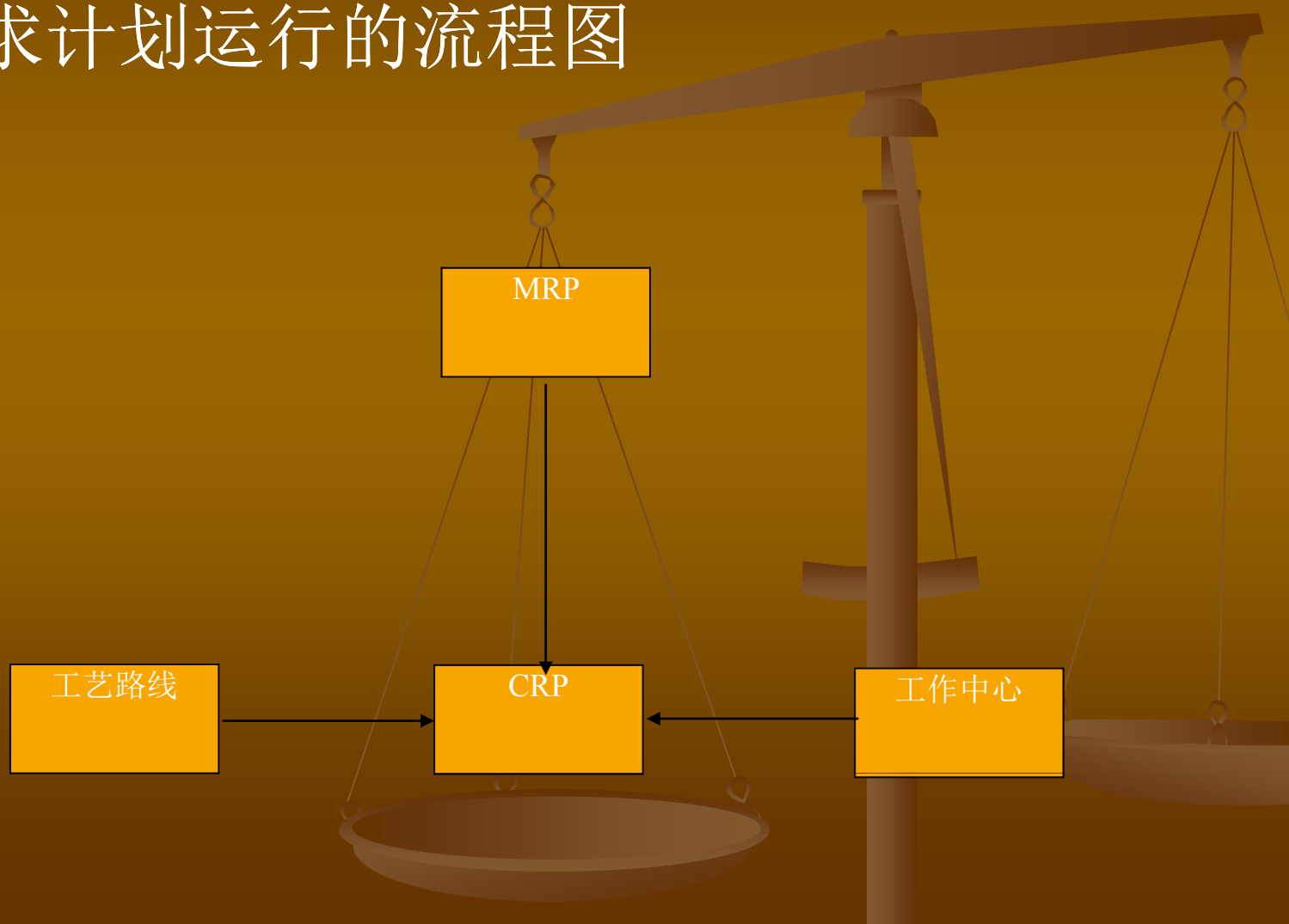
7. 能力需求计划

- 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？



7. 能力需求计划

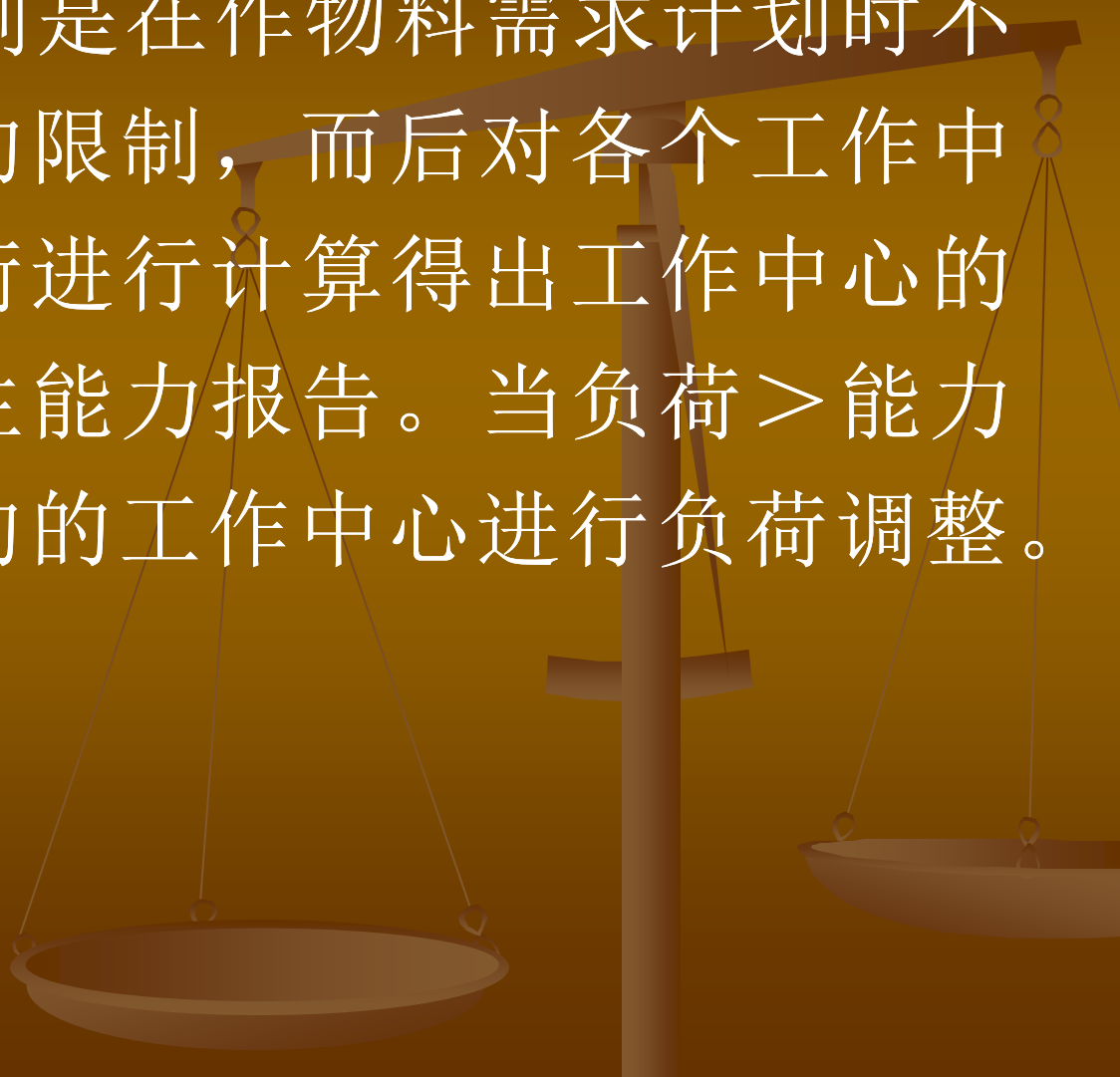
能力需求计划运行的流程图



7. 能力需求计划

无限能力计划

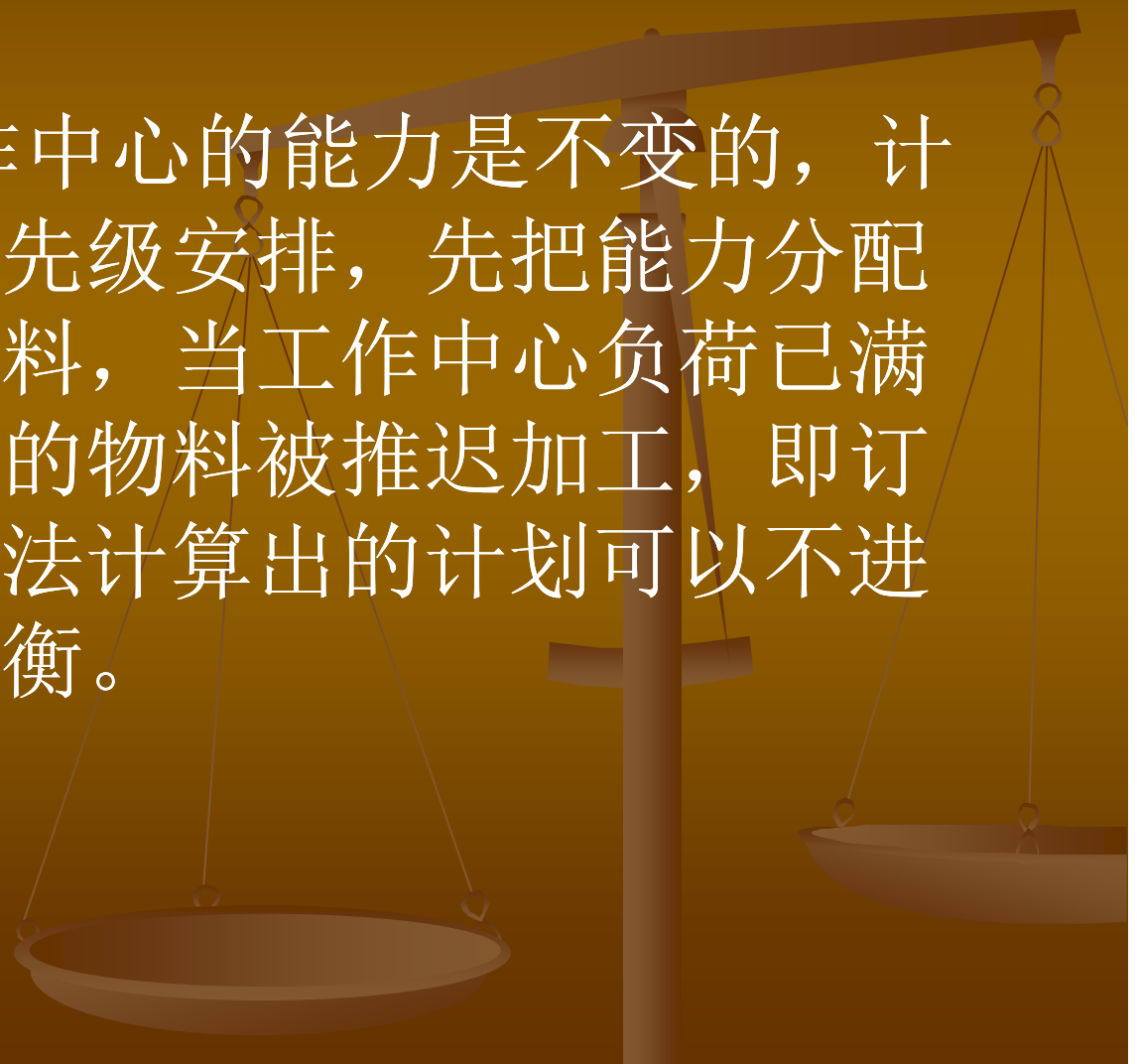
无限能力计划是在作物料需求计划时不考虑生产能力的限制，而后对各个工作中心的能力、负荷进行计算得出工作中心的负荷情况，产生能力报告。当负荷 $>$ 能力时，对超负荷的工作中心进行负荷调整。



7. 能力需求计划

▣ 有限能力计划

是认为工作中心的能力是不变的，计划的安排按照优先级安排，先把能力分配给优先级高的物料，当工作中心负荷已满时，优先级别底的物料被推迟加工，即订单被推迟。该方法计算出的计划可以不进行负荷与能力平衡。



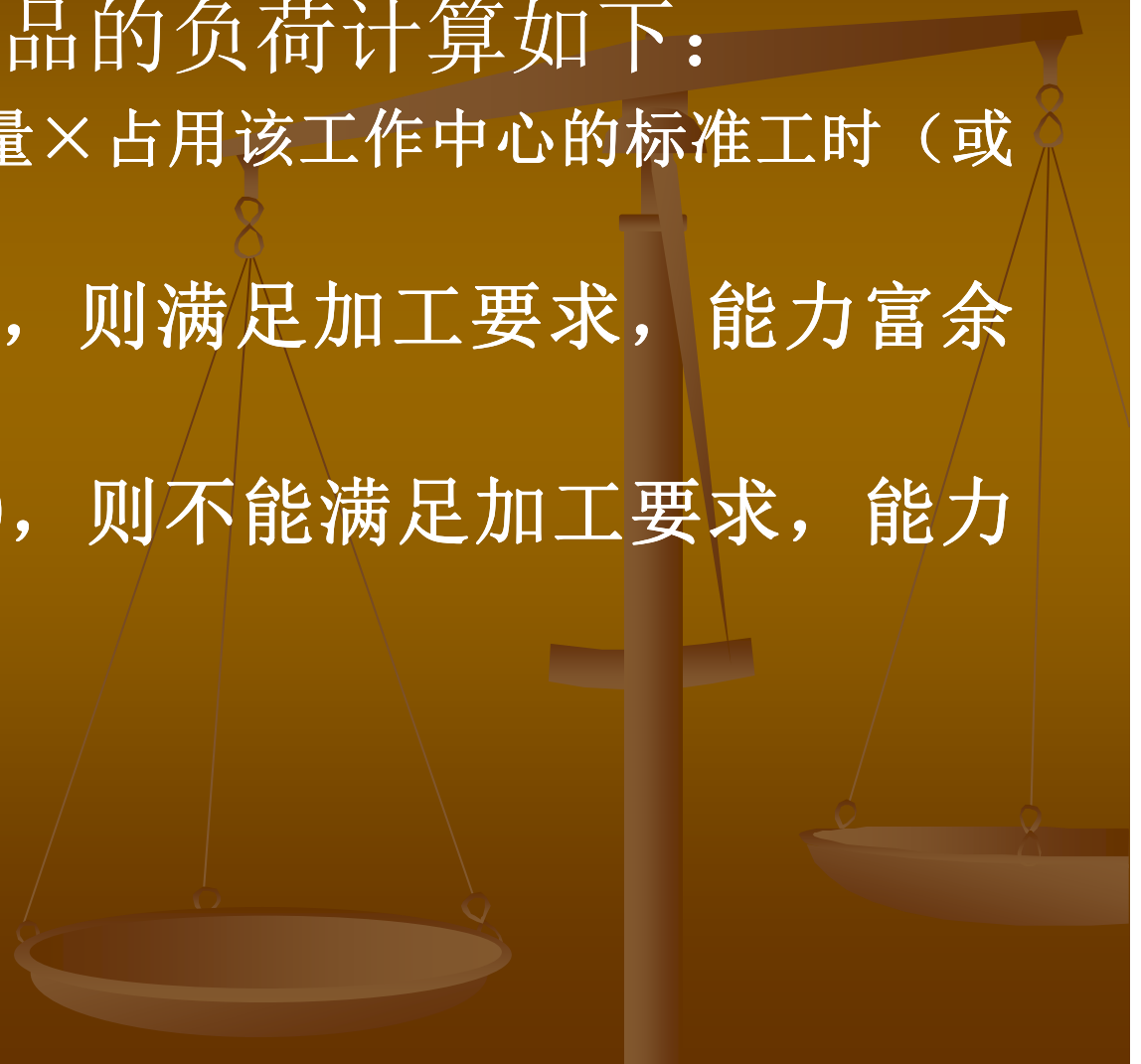
7. 能力需求计划

☐ 工作中心加工物品的负荷计算如下：

负荷 = 该物品产量 × 占用该工作中心的标准工时（或台时）

☐ 能力 - 负荷 ≥ 0 ，则满足加工要求，能力富余（或刚好）。

☐ 能力 - 负荷 < 0 ，则不能满足加工要求，能力不足。

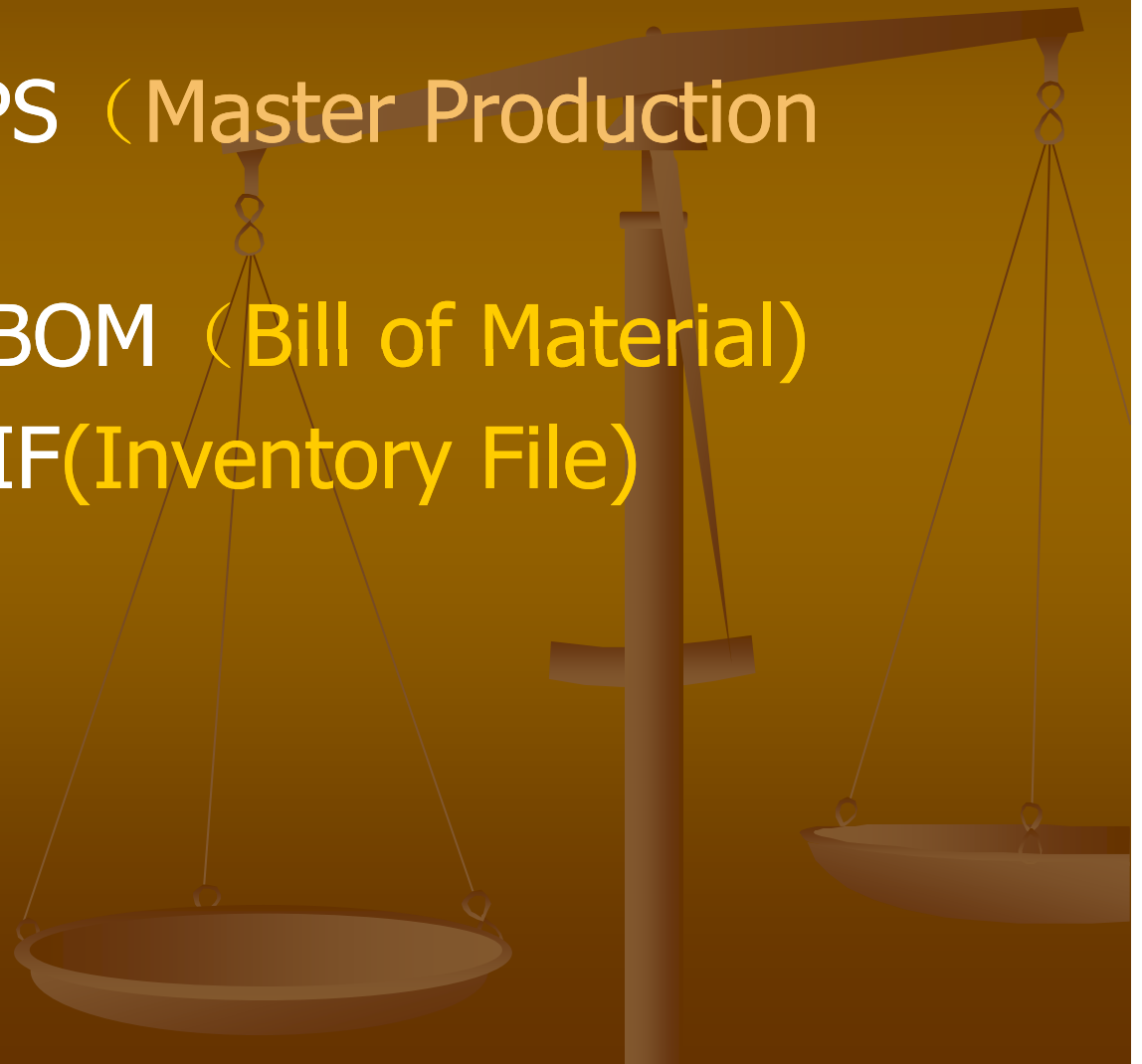


MRP的输入

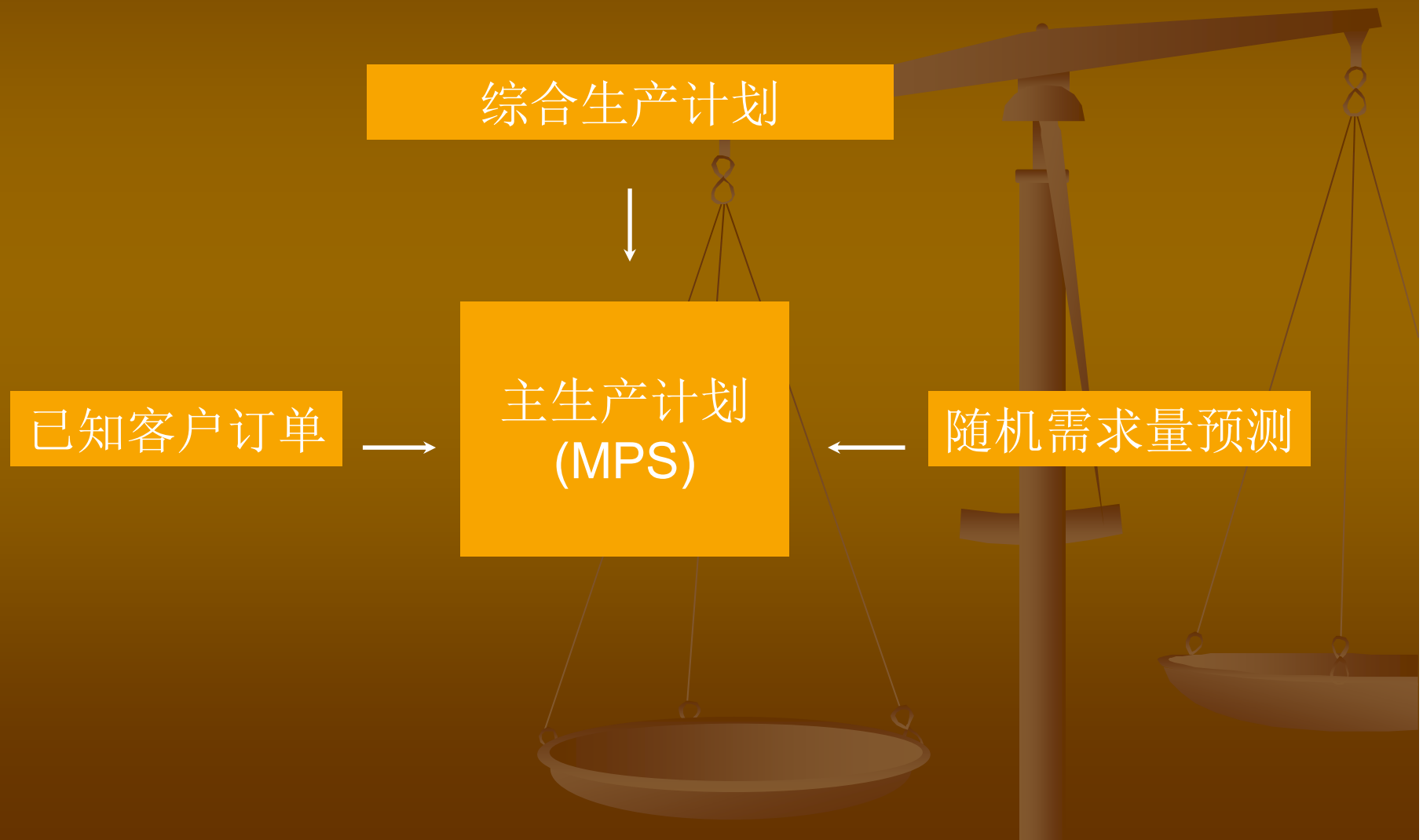
A.主生产计划MPS (Master Production Schedule)

B.产品结构清单BOM (Bill of Material)

C.库存状态文件IF(Inventory File)



a2.主生产计划

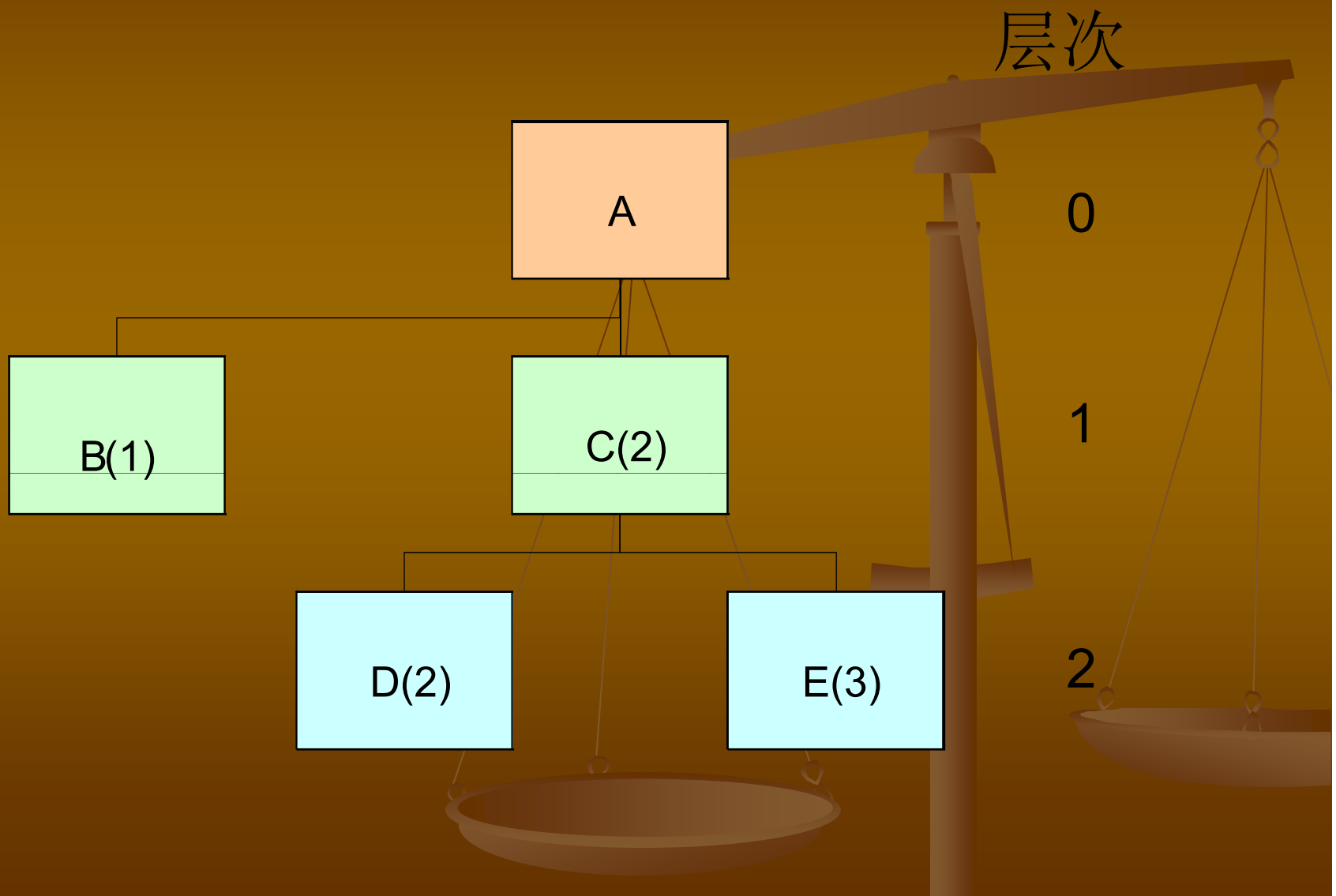


a3.主生产计划-例

产品A每期最终产品:

期数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
毛需求量		30			30			40		

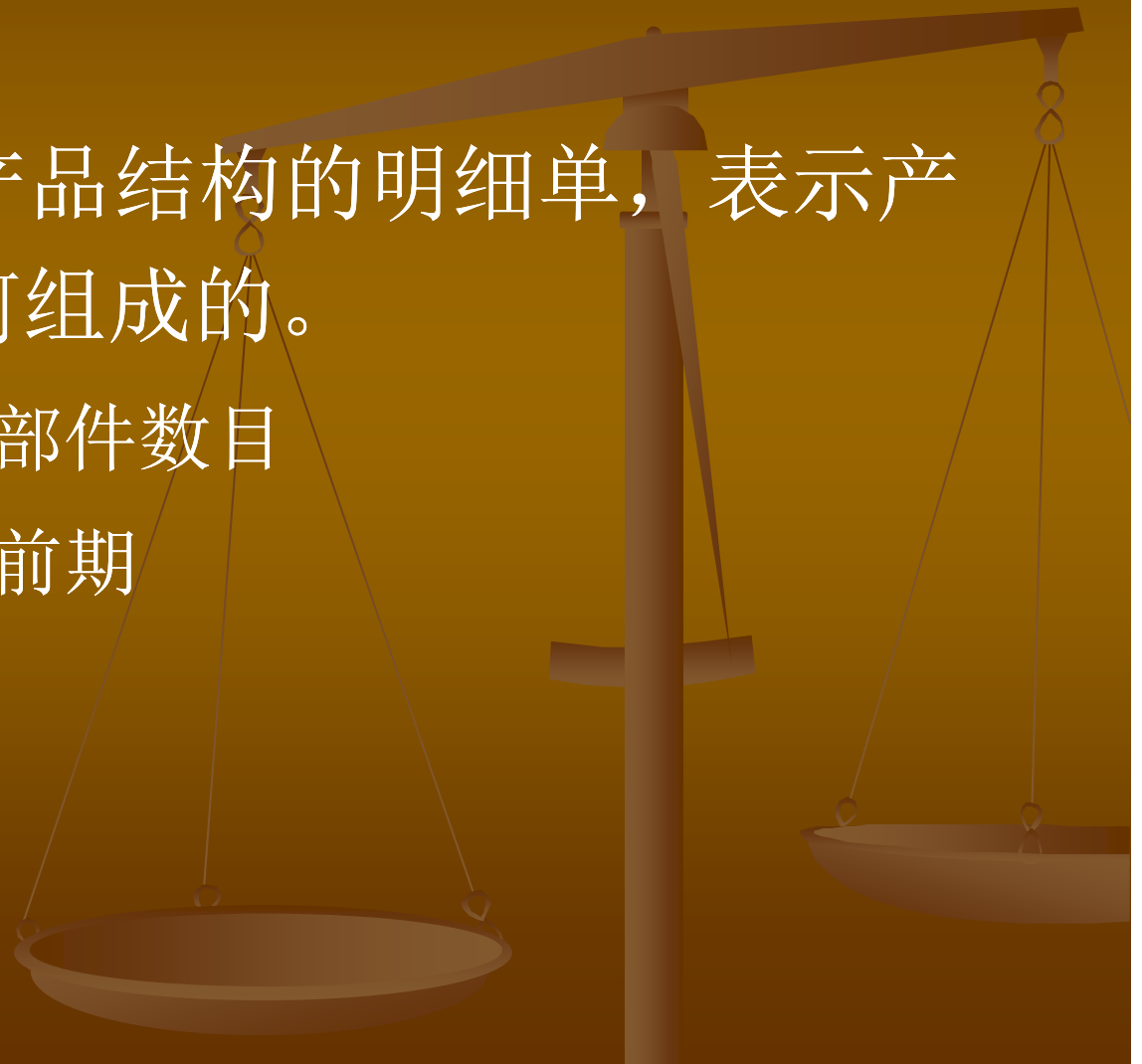
(b-1)产品结构树-例



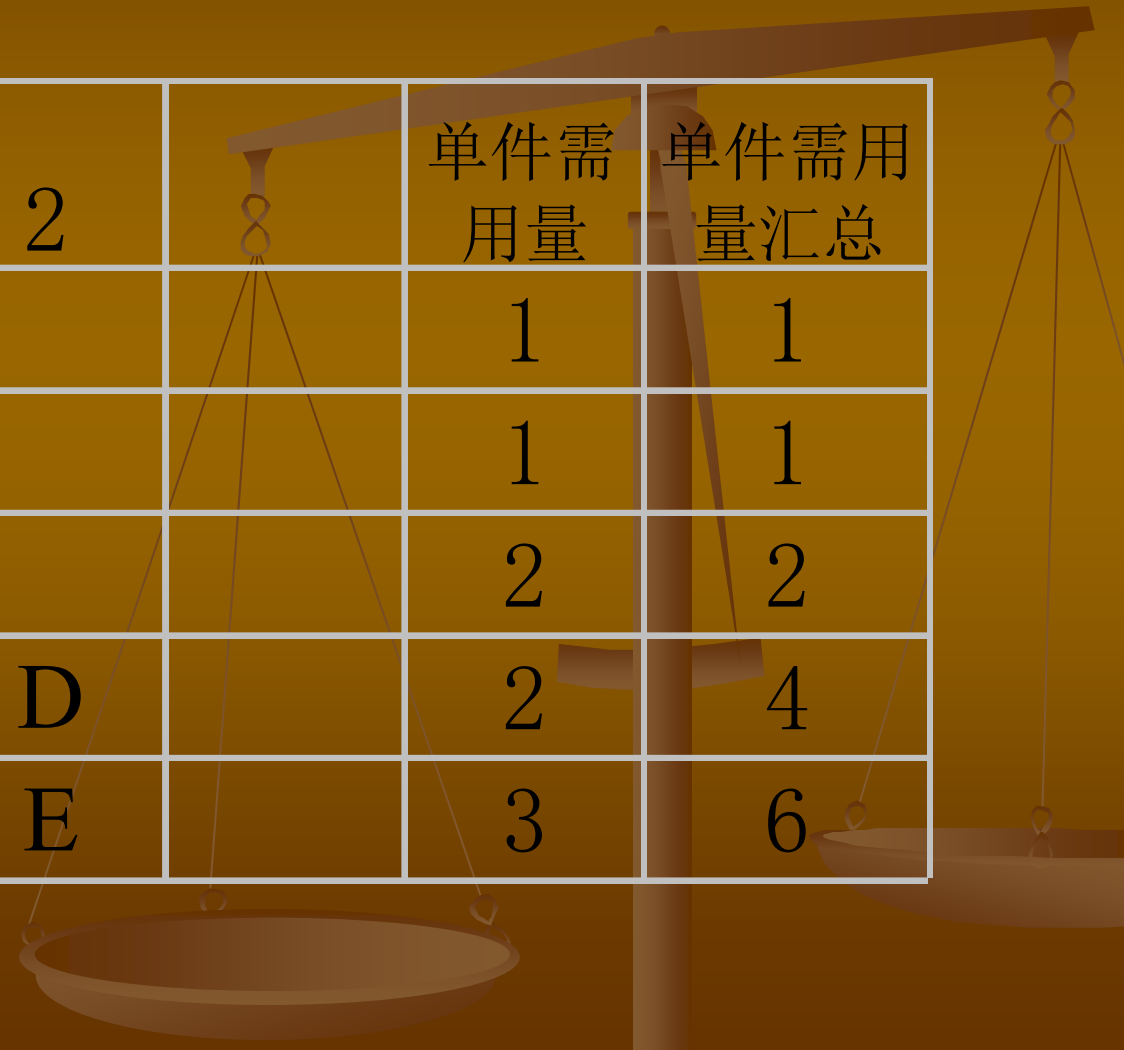
(b-2.1)物料清单 (BOM) 文件

-产品的完整描述

- BOM是产品结构的明细单，表示产品是如何组成的。
 - 所需零部件数目
 - 制造提前期



(b-2.2)产品物料清单-例



0	1	2		单件需 用量	单件需用 量汇总
A				1	1
	B			1	1
	C			2	2
		D		2	4
		E		3	6

c. 库存状态文件 (Inventory File)

- 每一种物料的库存记录
 - 编码, 组件编码, 父件编码
- 计划入库量 (在途量)
- 提前期
- 生产 (订购) 批量
- 安全库存量



MRP 输出表

订制批量: LT:	PD	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
总需求量											
已在途的订货											
计划库存											
净需求量											
计划应收到的订货											
计划应发出的订货											

■ 项目

■ 物品名称或编号

■ LLC

■ low-level-code; 项目在产品结构中出现的最低层编码

MRP 输出表的组成

- 批量 (Lot size)
 - 一次发出的生产批量或订货数量
- 提前期 (lead time, LT)
 - 从发出订单到收到订货的时间
- PD (past-due)
 - 超出计划范围的订货，不可行的订货
- 毛需求 (Gross requirements, GR)
 - 上层（父项）的计划下达的物料需求量

MRP 输出表的组成（续）

- 在途的订货（Scheduled receipts, SR）
 - 以前已经发出的并在计划期内应该到货的订货
- 预计库存（Projected on hand）
 - 每计划时期末可供使用的库存量， I_t
- 净需求量（Net requirements, NR）
 - 为平衡毛需求的不足而需要补充的需求量
- 计划应受到的订货（Planned receipts, PR）
 - 经订货批量调整的净需求量
- 计划应发出的订货（Planned releases）
 - 提前期时应发出的订货

MRP计算方法的核心理念

1, t期预计可用库存

= (t-1)期预计可用库存+ 在途订货+t期计划接收-毛需求 ($I_t = I_{t-1} + SR_t + PR_t - GR_t$)

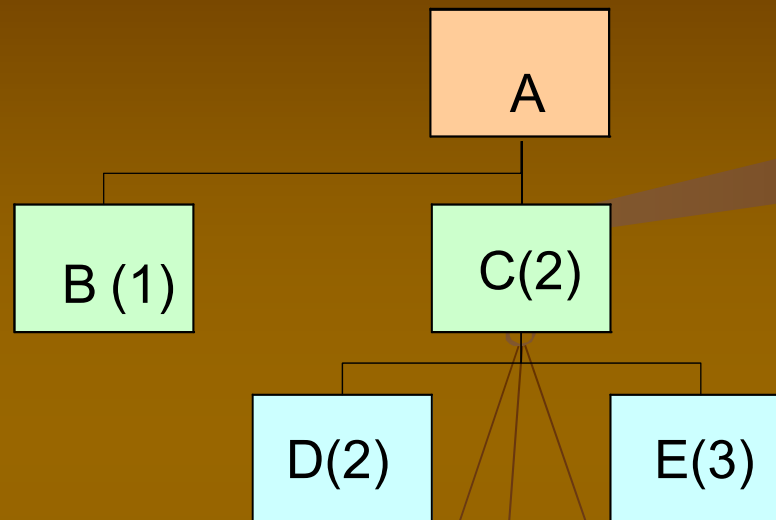
2, t期的净需求

=t期毛需求-(t-1)期计划存货+安全库存量
($NR_t = GR_t - SR_t - I_{t-1}$)

MRP矩阵

		期数									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
项目:A 提前期:1 Q=: L4L	毛需求量		30			30			40		
	已计划接收量										
	预计库存	20	20								
	净需求		10			30			40		
	计划订单		10			30			40		
	计划订单下达	10			30			40			

Alpha Beta 公司-例



物料	目前库存	已计划接收量	批量要求	MPS
A	20	0	1	30/2,30/5,40/8
B	-	40	1	---
C	10	50	>50	---
D	20	0	100	---
E	10	0	50	---

A、B的MRP矩阵-例

Item A LT= 1 Q=1	毛需求量		30			30			40		
	已计划接收量										
	预计库存	20	20	0	0	0	0	0	0	0	0
	净需求		10	0	0	30	0	0	40	0	0
	计划订单		10	0	0	30	0	0	40	0	0
	计划订单下达	10	0	0	30	0	0	40	0	0	
Item B LT= 1 Q= 1	毛需求量	10	0	0	30	0	0	40	0	0	0
	已计划接收量	40									
	预计库存	0	30	30	30	0	0	0	0	0	0
	净需求		0	0	0	0	0	40	0	0	0
	计划订单		0	0	0	0	0	40	0	0	0
	计划订单下达	0	0	0	0	0	40	0	0	0	

A、C的MRP矩阵-例

期数		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Item A LT= 1 Q=1	毛需求量		30			30			40		
	已计划接收量										
	预计库存	20	20	0	0	0	0	0	0	0	0
	净需求		10	0	0	30	0	0	40	0	0
	计划订单		10	0	0	30	0	0	40	0	0
	计划订单下达	10	0	0	30	0	0	40	0	0	

Item C LT= 1 Q=>50	毛需求量	20	0	0	60	0	0	80	0	0	0
	已计划接收量	50									
	预计库存	10	40	40	40	30	30	30	0	0	0
	净需求		0	0	20	0	0	50	0	0	0
	计划订单	0	0	0	50	0	0	50	0	0	0
	计划订单下达	0	0	50	0	0	50	0	0	0	0

C、D的MRP矩阵-例

Item C LT= 1 Q=>50	毛需求量	20	0	0	60	0	0	80	0	0	0
	已计划接收量	50									
	预计库存	10	40	40	40	30	30	30	0	0	0
	净需求		0	0	20	0	0	50	0	0	0
	计划订单	0	0	0	50	0	0	50	0	0	0
	计划订单下达	0	0	50	0	0	50	0	0	0	0

Item D LT= 2 Q=100	毛需求量	0	0	100	0	0	100	0	0	0	0
	已计划接收量										
	预计库存	20	20	20	40	40	40	40	40	40	40
	净需求		0	80	110	0	0	80	0	0	0
	计划订单	0	0	100	200	0	0	100	0	0	0
	计划订单下达	100	200	0	0	100	0	0	0		

C、E的MRP矩阵


-例

Item C LT= 1 Q=>50	毛需求量	20	0	0	60	0	0	80	0	0	0
	已计划接收量	50									
	预计库存	10	40	40	40	30	30	30	0	0	0
	净需求		0	0	20	0	0	50	0	0	0
	计划订单	0	0	0	50	0	0	50	0	0	0
	计划订单下达	0	0	50	0	0	50	0	0	0	0

Item E LT= 2 Q=50	毛需求量	0	0	300	0	0	300	0	0	0	0
	已计划接收量										
	预计库存	10	10	10	40	40	40	40	40	40	40
	净需求		0	290	110	0	0	80	0	0	0
	计划订单	0	0	300	200	0	0	100	0	0	0
	计划订单下达	300	200	0	0	100	0	0	0		

Alpha Beta公司的订货计划报告

-例



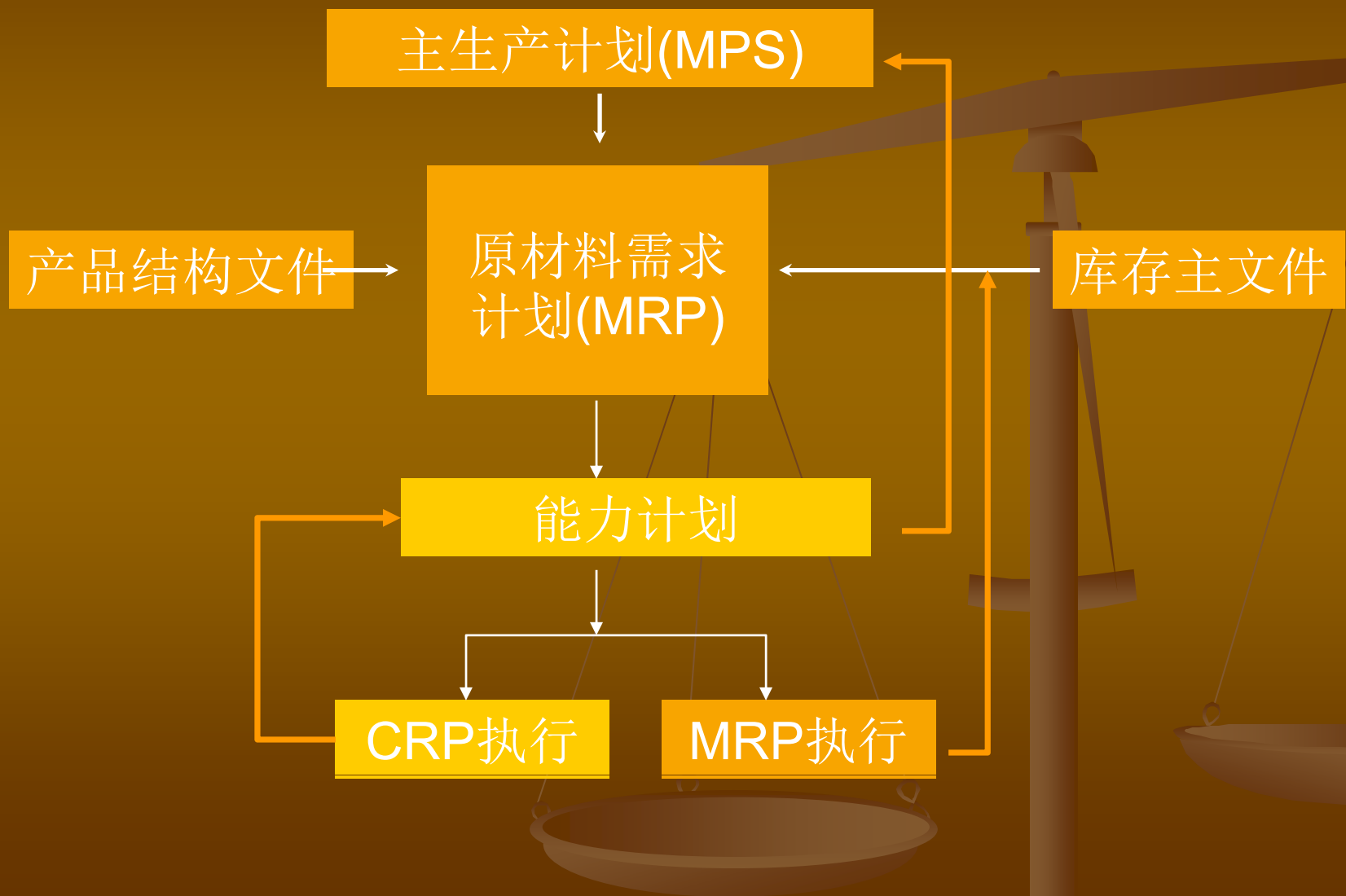
周次	项目	订货批量
1	A	10
	D	100
	E	300
2	D	200
	E	200
3

基本MRP的缺陷

- 只考虑需求，没有考虑设计的生产能力
- 对企业内外部环境和条件的变化缺乏反应机制
- 物料需求计划在先；生产能力其后考虑
- MRP 假设提前期是固定的



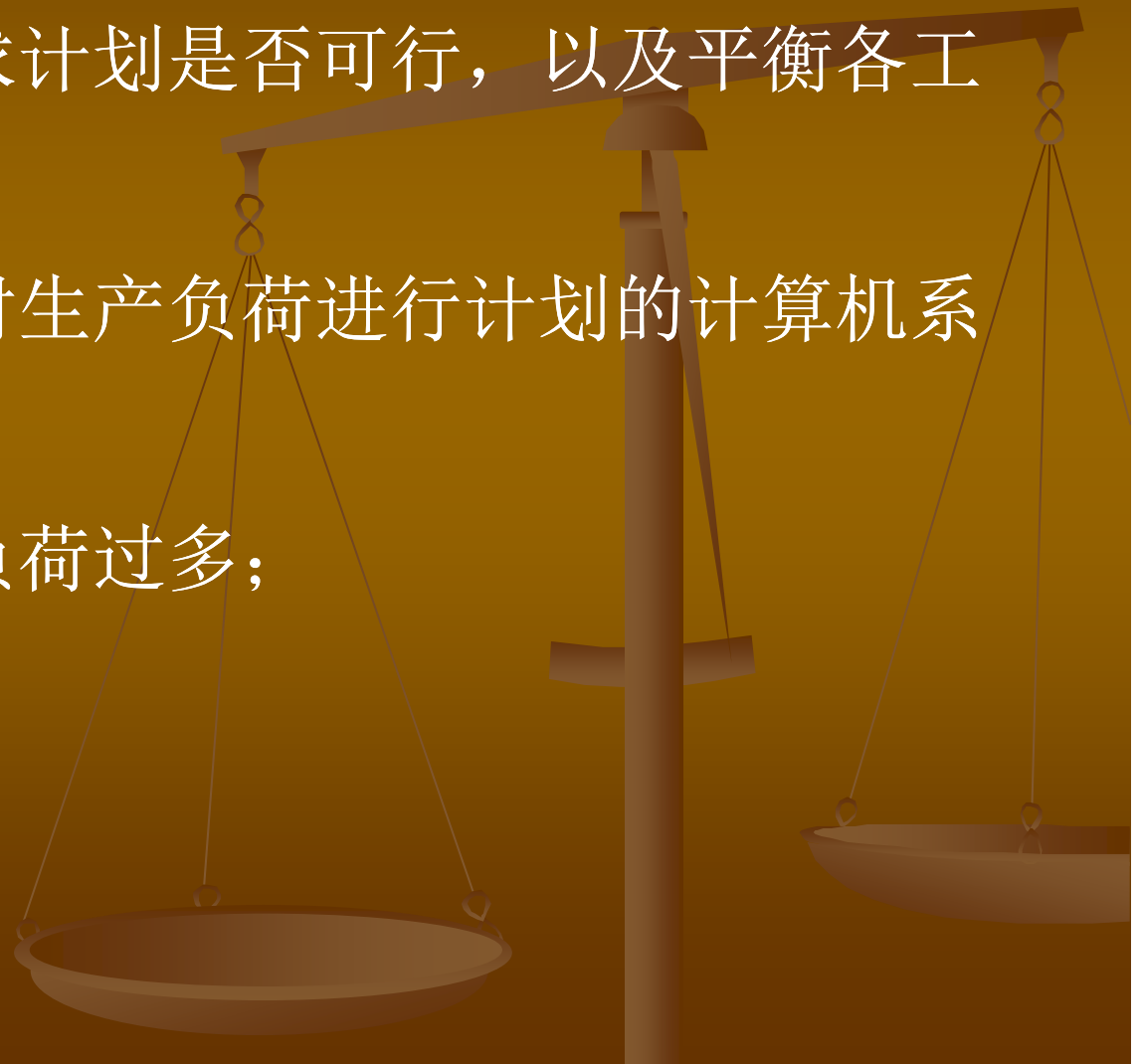
闭环 MRP



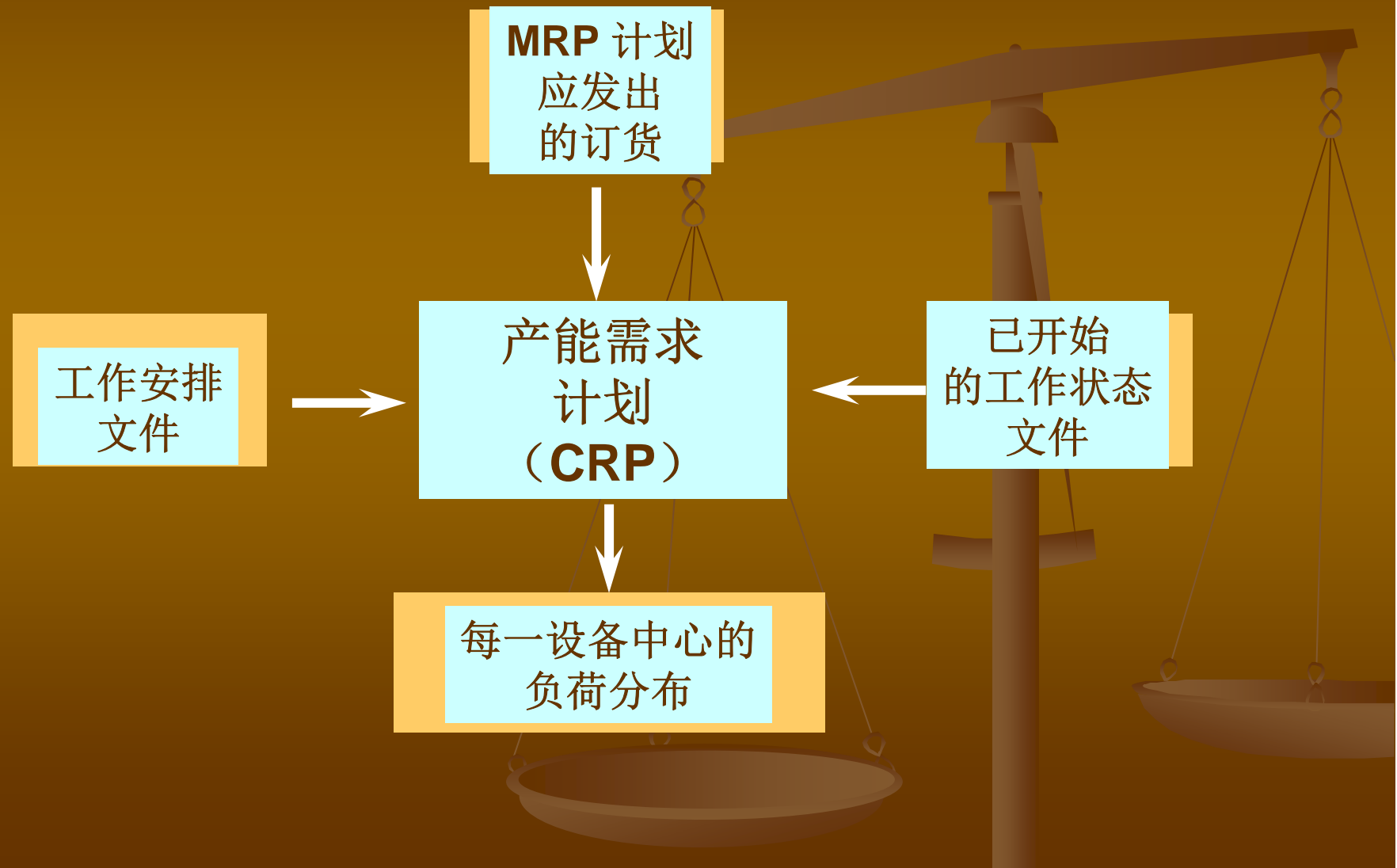
能力需求计划

Capacity Requirements Planning (CRP)

- 用来检验物料需求计划是否可行，以及平衡各工序能力和负荷；
- 由物料需求计划对生产负荷进行计划的计算机系统生成负荷分布；
- 识别负荷不足和负荷过多；

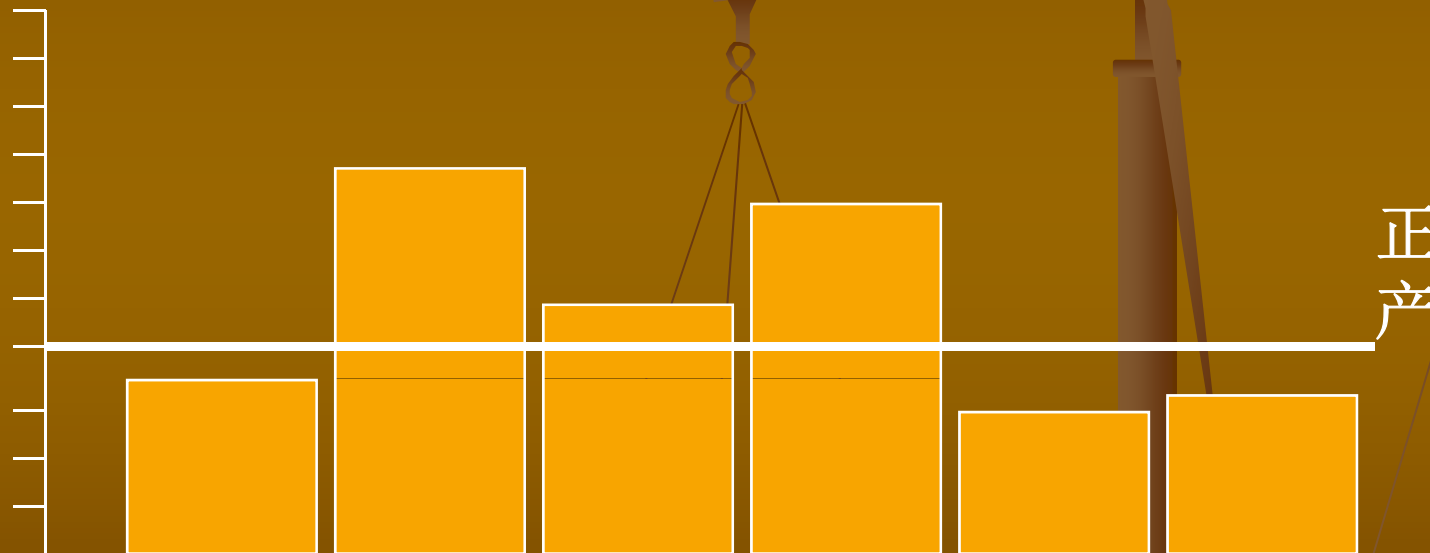


CRP运行流程图



初始负荷分布

生产能力
(小时)

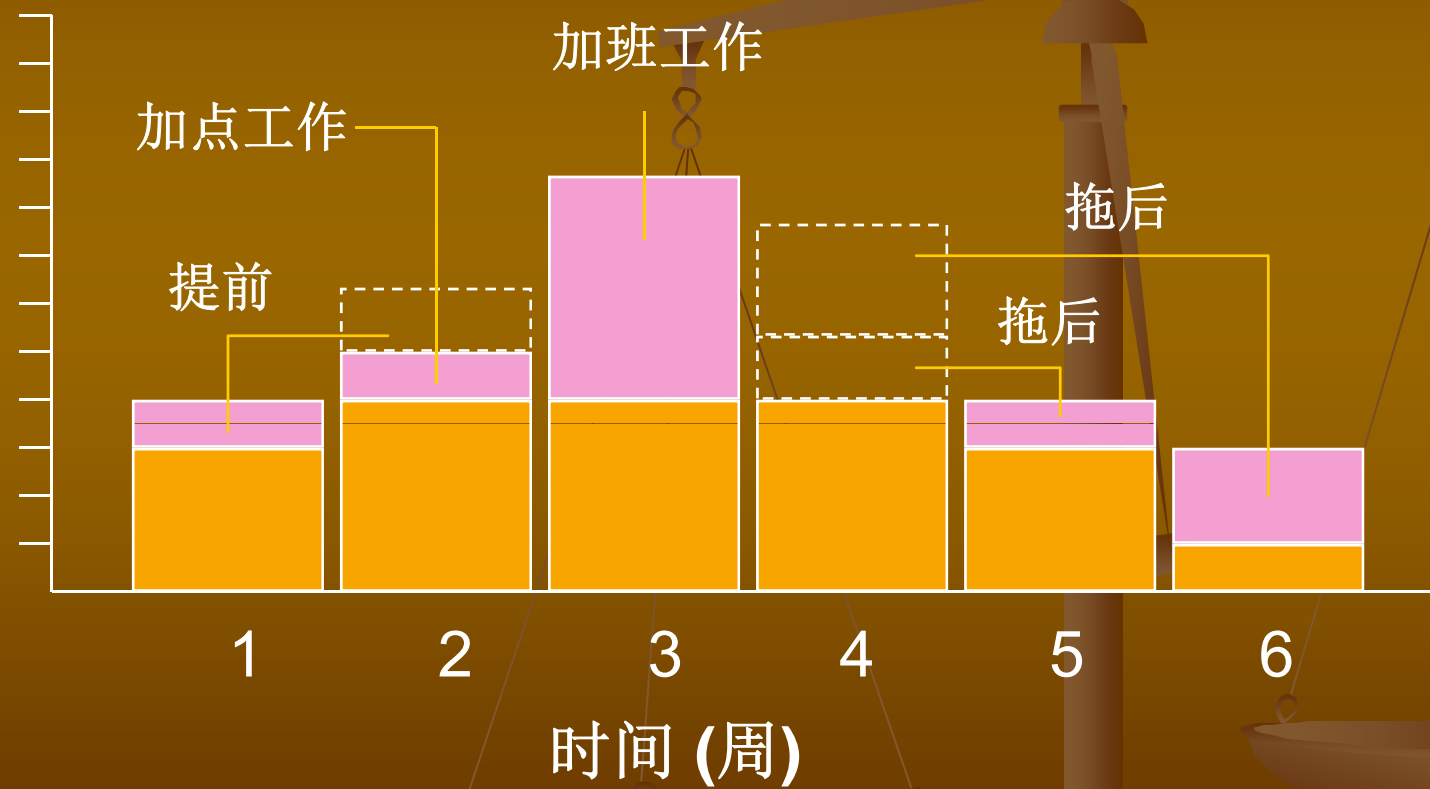


正常生
产能力

时间 (周)

调整后的负荷分布

生产能力
(小时)



负荷不足的补救措施

1. 增加工作量
2. 将工作提前进行
3. 降低正常生产能力



负荷超载的补救措施

1. 取消部分订单需求
2. 重新安排工作以便重新选择设备或工作中心
3. 在两台或多台设备之间分离批量进行加工
4. 增加正常生产能力
5. 外协转包
6. 提高作业效率
7. 将工作推后进行
8. 修改主生产进度计划

