



第二部分

工业工程技术与方法

江志斌 博士

内容提要 Contents

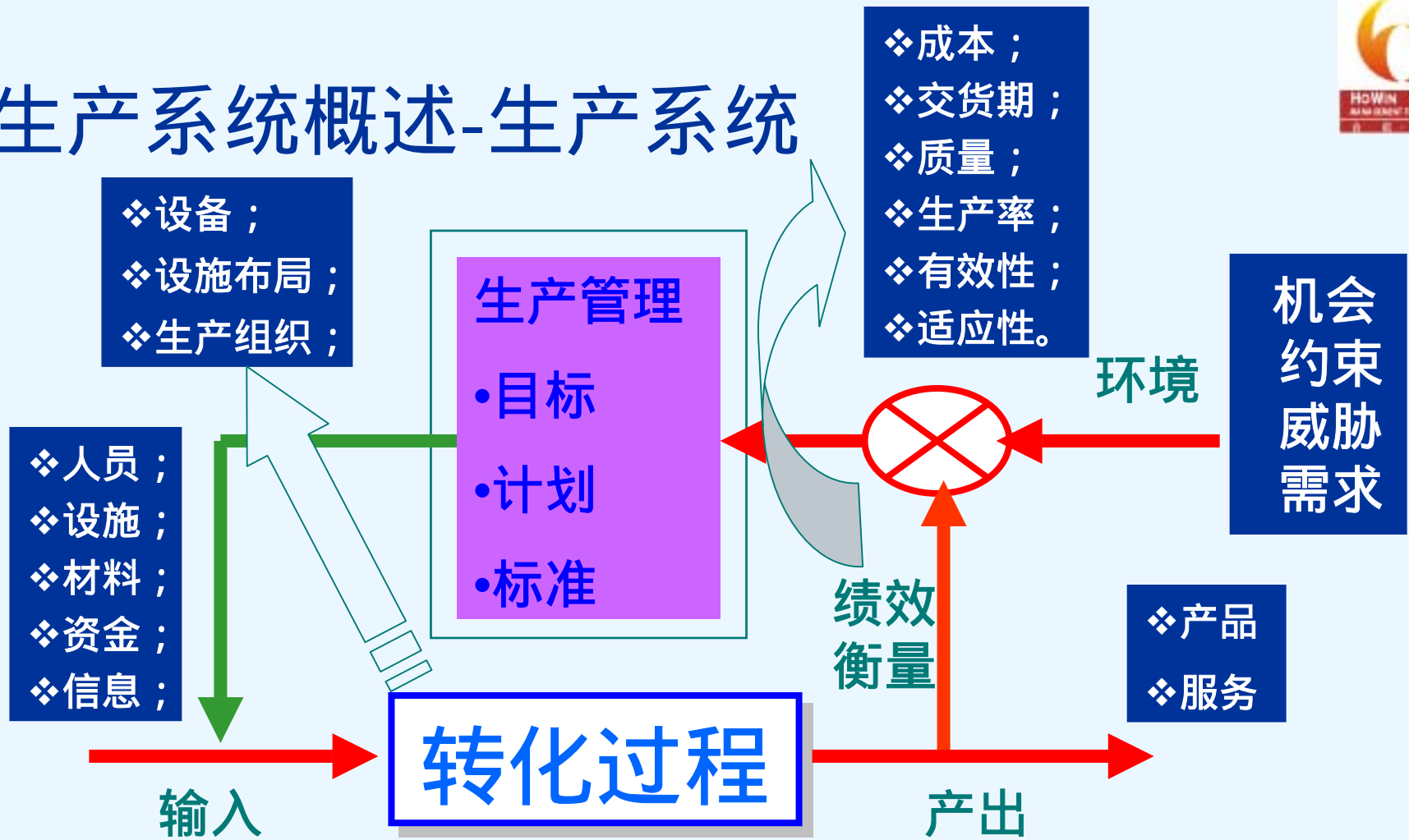
- ❖ 生产系统概述
- ❖ 生产系统设计 - 效率设计
- ❖ 生产系统分析改善 - 效率的改善
- ❖ 生产系统控制 - 效率的控制



生产系统概述

- 生产系统
- 生产过程的组织类型
- 生产率定义
- 劳动生产率测定与分析
- 物耗生产率分析与测定

生产系统概述-生产系统



生产系统示意图

生产系统概述：生产过程的组织



生产过程设备专业化程度、以及物流标准化程度与重复程度

面向产品 (Flow Line)

面向工艺 (Job Shop);

成组单元;

固定位置;

根据生产过程结构

连续生产 (Continuous production)

大量生产 (Mass production)

批量生产 (Batch production)

单件生产 (One-of-a-Kind production)

大规模定制生产 (Mass customization)

根据生产任务来源

存货生产 (Make to stock)

订货生产 (Make to order)

订货装配 (Assemble to order)

订制生产 (Engineering to order)

合创辉煌管理技术服务有限公司

生产系统概述：生产率定义



生产率(Productivity)是生产系统转换效率的指标

$$\text{生产率} = \frac{\text{产出}}{\text{投入}}$$

→ 生产出来的产品或提供的服务

→ 为了获得产出所投入的生产要素

生产率是衡量IE应用效果的主要指标，是工业工程师必须要掌握的一个尺度；



生产系统概述：生产率定义

根据生产要素的种类

以劳动量作为总投入



劳动生产率

以设备折旧费或固定资产帐面值作为总投入



资本生产率

以投入原材料作为总投入



原材料生产率

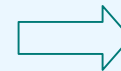
以投入能源作为总投入



能源生产率

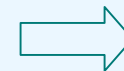
根据生产要素的数量

以全部要素总量作为总投入



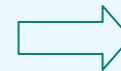
总生产率

以某几种要素总量作为总投入



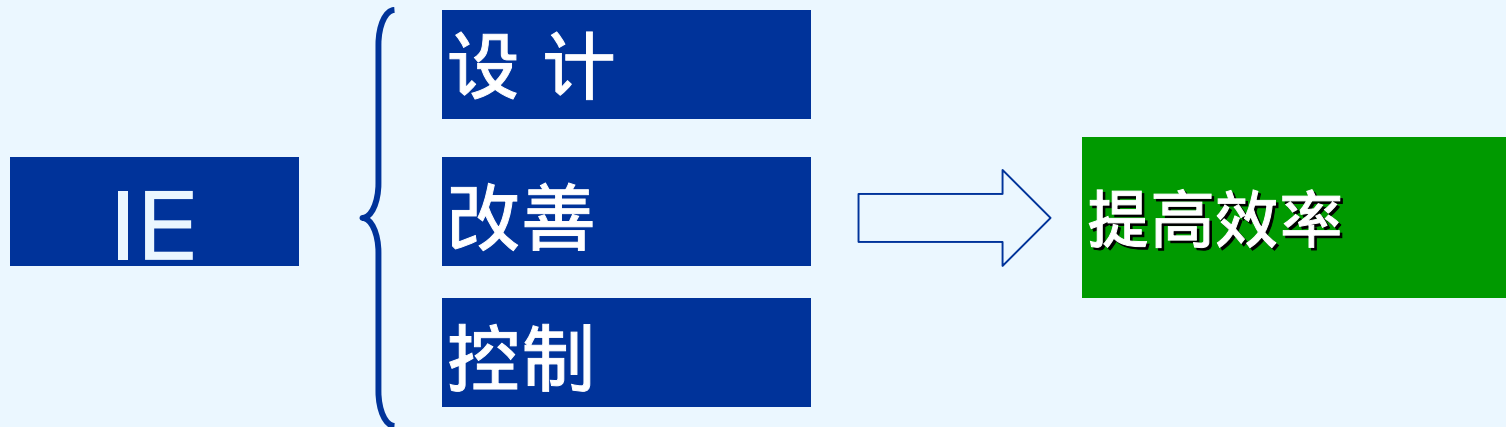
多要素生产率

以某一种要素原材料作为总投入



单要素生产率

生产系统概述：生产率定义

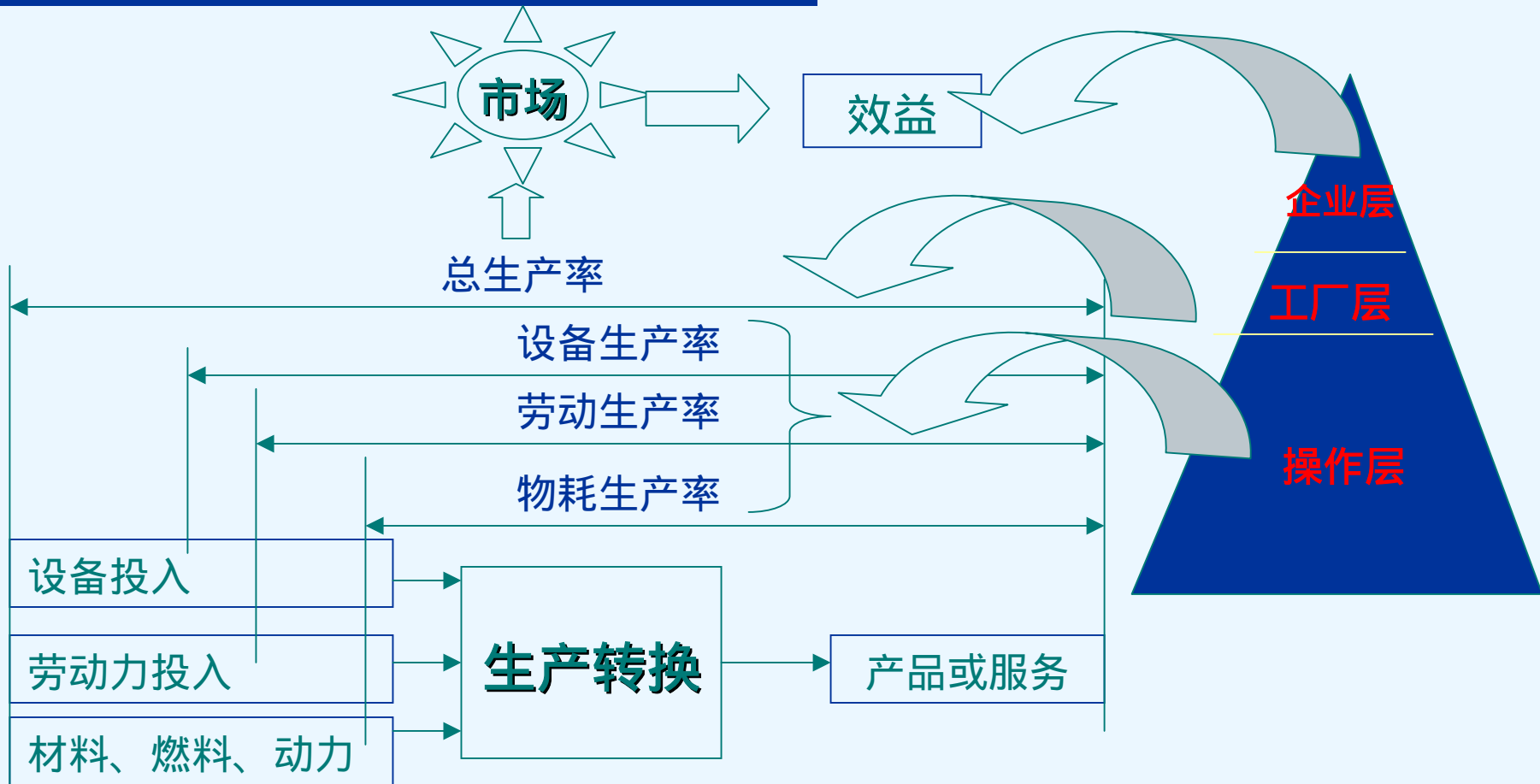


生产率管理

- ❖ 测量生产率；
- ❖ 根据测定和分析的信息，对生产率控制和提高进行计划；
- ❖ 控制与提高生产率；
- ❖ 对控制与提高生产率的结果进行评价。

生产系统概述：生产率定义

工业企业生产率测定层次



生产系统概述：生产现场劳动生产率的测定与分析

1 生产现场劳动生产率

- ❖ 取决于工人和现场管理人员的工作积极性和劳动时间的利用程度；
- ❖ 对于时间的自觉认识和利用，是改进生产现场劳动生产率的基本途径；
- ❖ 测定的目的是分析劳动资源利用状况。

投入总人·时 (L_R)		
投入人·时 (L_R')		略去的人·时 (L_O)
有效人·时 (L_E)	损失时间 (L_m)	
标准人·时 (L_s)	工人效率的影响	非生产人·时 (L_u)

劳动人时构成

L_E ：生产产品O所投入的人
 L_R' ：总投入时间中分配给工人和管理人员的劳动资源时间，用于生产。

分配： $L_R' = L_R - L_O$
 占有的有效人·时，是现场生产工人的劳动净时间。

$L_u = L_m + L_O$
 生产单位产品所需的标准时间。

上外归

生产系统概述：生产现场劳动生产率的测定与分析



总劳动生产率

$$\tau_R = \frac{Q}{L_S} = \frac{Q}{L_S} \times \frac{L_S}{L_E} \times \frac{L_E}{L_R} \times \frac{L'_R}{L_R}$$

$$= \tau_S \times E_W \times I_{e(1)} \times I_{e(2)}$$

投入总人·时 (L_R)		
投入人·时 (L'_R)		略去的人·时 (L_o)
有效人·时 (L_E)	损失时间 (L_m)	
标准人·时 (L_s)	工人效率的影响	非生产人·时 (L_u)

投入人·时与总投入人·时之比

有效人·时与投入人·时之比

工人的工作效率，它是工人努力的结果，也是工人生产率管理的焦点

一定的技术工作方法确定的标准劳动生产率

$$\tau'_R = L_S / L_R = E_W \times I_{e(1)} \times I_{e(2)}$$



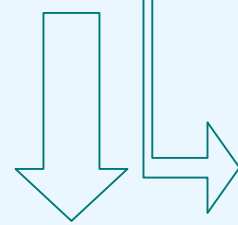
劳动总效率，是现场管理人员和工人改进的最终目标

生产系统概述：物耗生产率的测定与分析

$$\text{物耗生产率} = \frac{\text{标准产出量}}{\text{标准物耗投入量}} \times \frac{\text{标准物耗投入量}}{\text{实际物耗投入量}} \times \frac{\text{实际产出量}}{\text{标准产出量}}$$

$$= \text{技术参数} \times \text{资源节约率} \times \text{生产效率}$$

- ❖ Q_r : 实际产出量；
- ❖ Q_s : 标准产出量；
- ❖ M_r : 实际物资消耗；
- ❖ M_s : 标准物资消耗；
- ❖ L_{ir} : 第*i*种产品的实际劳动投入量；
- ❖ τ_{ir}/τ_{is} : 第*i*种产品的实际/标准劳动生产率；
- ❖ α_{ir}/α_{is} : 第*i*种产品的实际/标准单位产品物耗量；
- ❖ 采用不变价格作为单位；



反映设备、工艺流程等技术组织因素对于木料消耗量的影响

反映劳动生产率对于物耗生产率的影响

$$\text{物耗生产率} = \frac{\sum_i Q_{ir}}{\sum_i M_{ir}} = \frac{\sum_i Q_{is}}{\sum_i M_{is}} \times \frac{\sum_i M_{is}}{\sum_i M_{ir}} \times \frac{\sum_i Q_{ir}}{\sum_i Q_{is}}$$

$$\sum Q_{ir} = \sum \frac{Q_{ir}}{L_{ir}} \times L_{ir} = \sum \tau_{ir} \times L_{ir}$$

$$\sum Q_{is} = \sum \frac{Q_{is}}{L_{ir}} \times L_{ir} = \sum \tau_{is} \times L_{ir}$$

$$\sum M_{ir} = \sum \frac{M_{ir}}{Q_{ir}} \times Q_{ir} = \sum \alpha_{ir} \times Q_{ir}$$

$$\sum M_{is} = \sum \frac{M_{is}}{Q_{ir}} \times Q_{ir} = \sum \alpha_{is} \times Q_{ir}$$

生产系统概述

物耗生产率的测定与分析

$$\text{物耗生产率} = \frac{\sum_i Q_{ir}}{\sum_i M_{ir}} = \frac{\sum_i Q_{is}}{\sum_i M_{is}} \times \frac{\sum_i M_{is}}{\sum_i M_{ir}} \times \frac{\sum_i Q_{ir}}{\sum_i Q_{is}}$$

技术组织参数首先由标准劳动生产率和标准和标准单位物耗量决定，但劳动力分配比例和产品构成及总投入量和总产出量发生变化，也将产生影响。

$$\frac{\sum_i M_{is}}{\sum_i M_{ir}} = \frac{\sum_i \alpha_{is} g_{ir}}{\sum_i \alpha_{ir} g_{ir}}$$

比值大于1表示资源节约，越大越节约；小于1表示浪费资源，越小越浪费；

$$\frac{\sum_i Q_{is}}{\sum_i Q_{ir}} = \frac{\sum_i \tau_{is} g_{ir}}{\sum_i \tau_{ir} g_{ir}}$$

反映了劳动者生产率；比值大于1表示劳动生产率高，即实际劳动生产率比标准劳动生产率；比值小于1表示劳动生产率低，即实际劳动生产率比标准劳动生产率低。

$$\frac{\sum_i Q_{ir}}{\sum_i M_{is}} = \frac{\sum_i \tau_{ir} g_{ir}}{\sum_i \alpha_{is} g_{ir}} = \frac{\sum_i \tau_{is} g_i / (\sum L_{ir})}{\sum_i \alpha_{is} g_i / (\sum Q_{ir})}$$

$$l_i = L_{ri} / \sum L_{ri}$$

表示第i种产品所投入的劳动力占整个劳动投入的比例；

$$r_i = Q_{ri} / \sum Q_{ri}$$

表示第i种产品占整个产品产量的比例；

内容提要 Contents

- ❖ 生产系统概述
- ❖ 生产系统设计 - 效率设计
- ❖ 生产系统分析改善 - 效率的改善
- ❖ 生产系统控制 - 效率的控制



生产系统设计

- 设施布局
- 流水线平衡
- 标准工时确定
- 预定时间法
- 动作设计
- 工作环境设计

生产系统设计：设施布局



➤ 设施布局的含义和内容

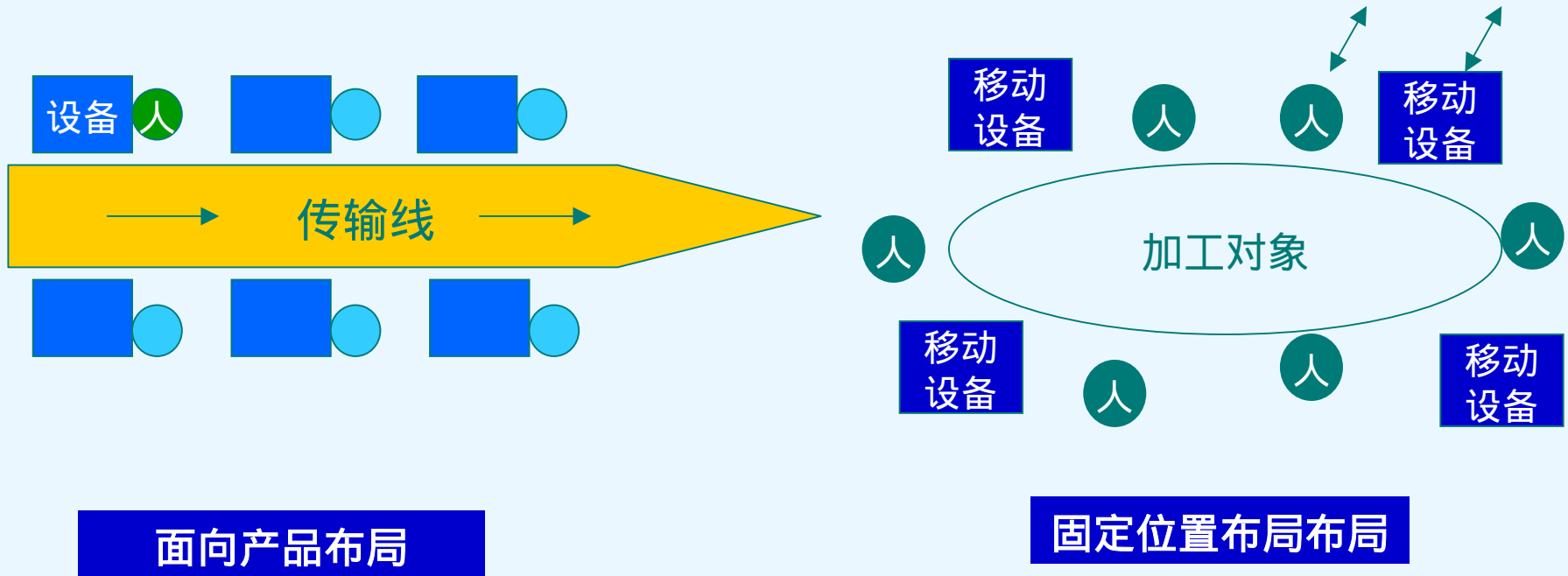
- 根据企业的经营目标和生产纲领，在已确认的空间场所内，按照从原材料接受、零件和产品的制造、成品的包装发运全过程，将人员、设备和物料所需要的空间做最适当的分配和最有效的组合，以获得最大的经济效益。包括工厂布局和车间布局。
- 工厂布局：确定工厂各个组成部分和运输路线、管线、绿化及美化设施的相互位置，并解决物料的流向和流程、厂内外运输的联接及运输方式；
- 车间布局：解决各生产工段、辅助服务部门、存储设施等作业单位及工地、设备、通道、管线之间的相互位置，同时解决物料搬运的流程及运输方式。

生产系统设计：设施布局

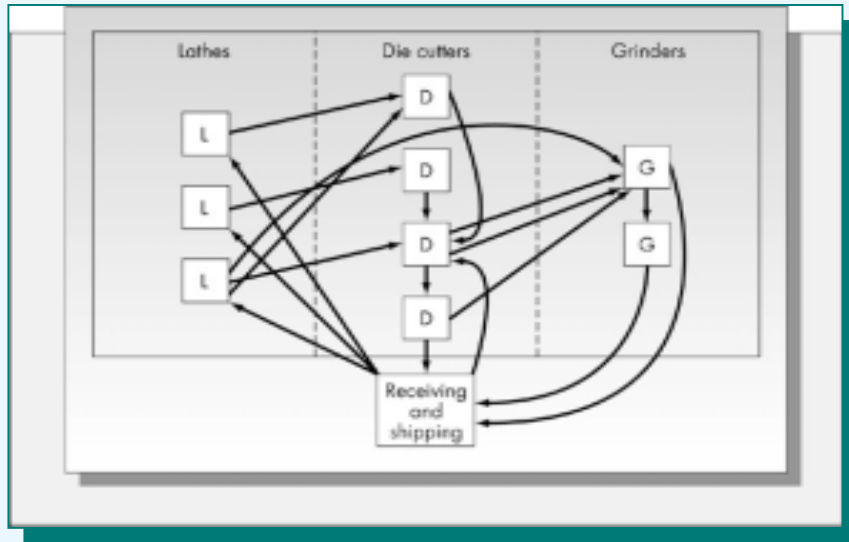
➤ 设施布局的意义

- 最小化投资成本；
- 最小化生产所需的时间；
- 最有效地利用场地和空间；
- 最小化物流成本；
- 为操作者提供方便、安全以及舒适的工作环境；
- 获得布局柔性；
- 满足生产工艺要求；
- 满足组织结构要求；

生产系统设计：设施布局

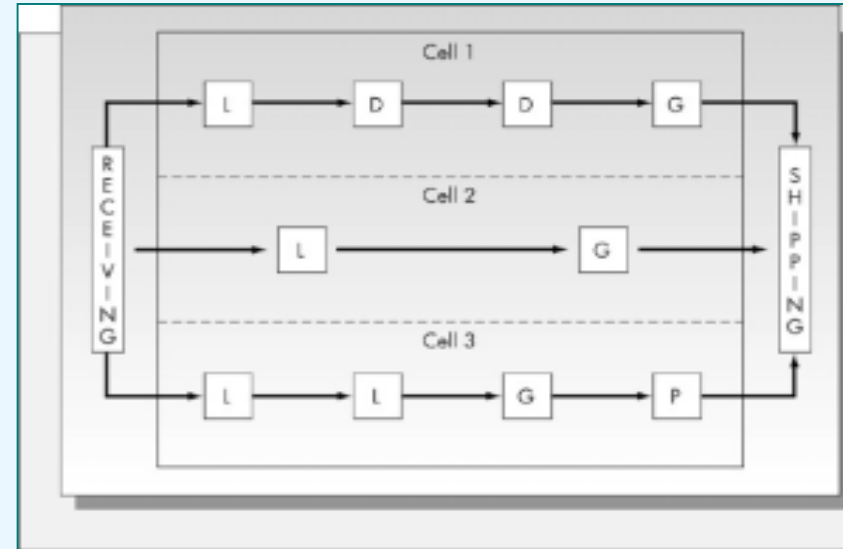


生产系统设计：设施布局

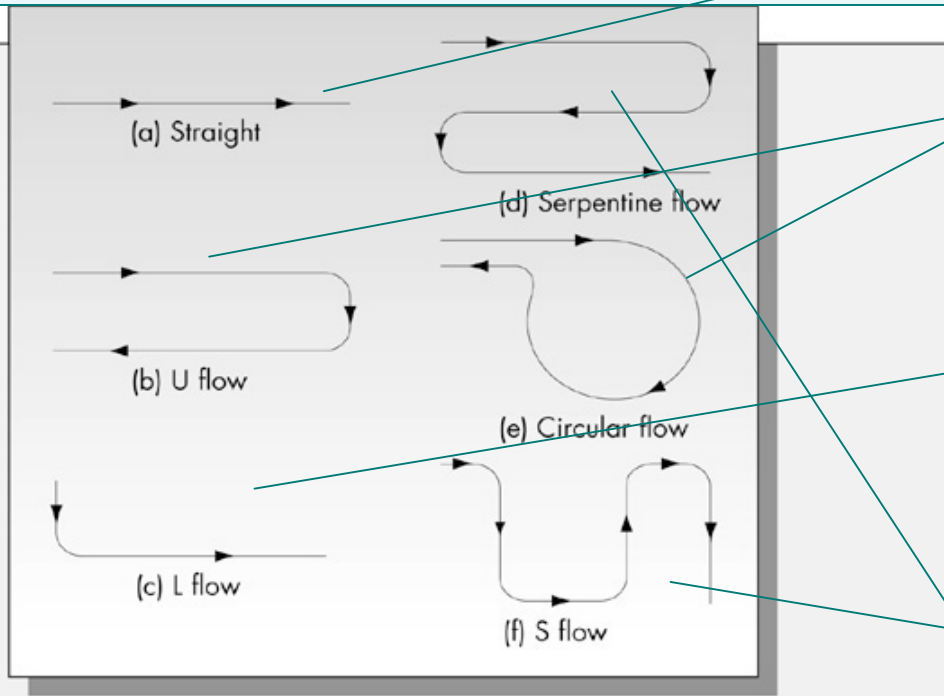


面向工艺布局

成组加单元



生产系统设计：设施布局



“流”的种类

优点：简单；
缺点：I与O独立，
分别需要资源

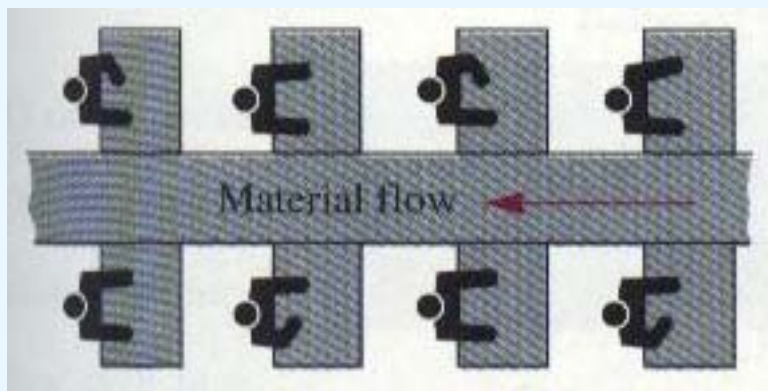
优点：I与O统一，共享资源；

满足建筑结构要求

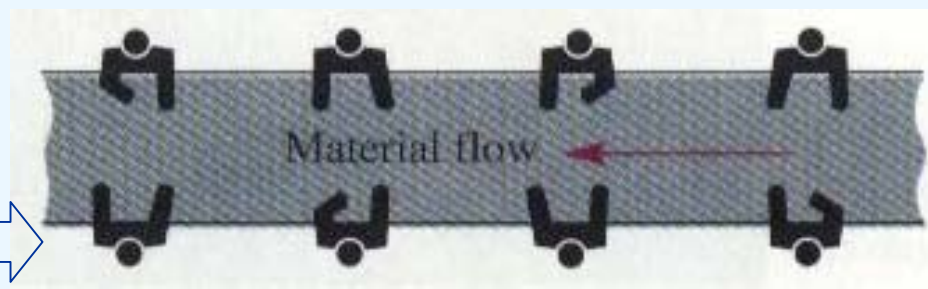
满足大的作业空间的需求

生产系统设计：设施布局

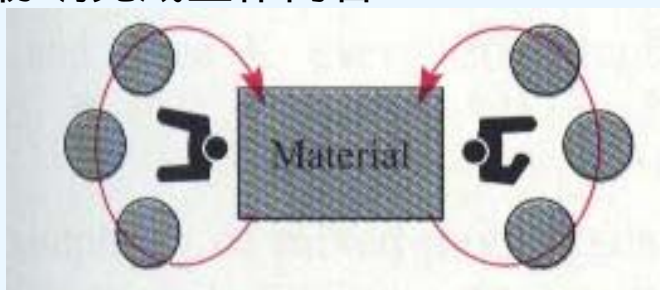
柔性生产线布局



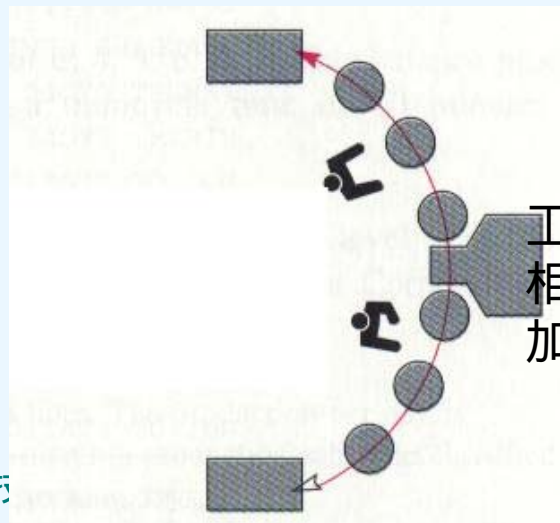
操作员被圈住，不利于彼此之间协调完成工作内容



有利于彼此之间协调完成工作内容，训练有素的工人可以彼此之间协调，适应生产节拍的变化；



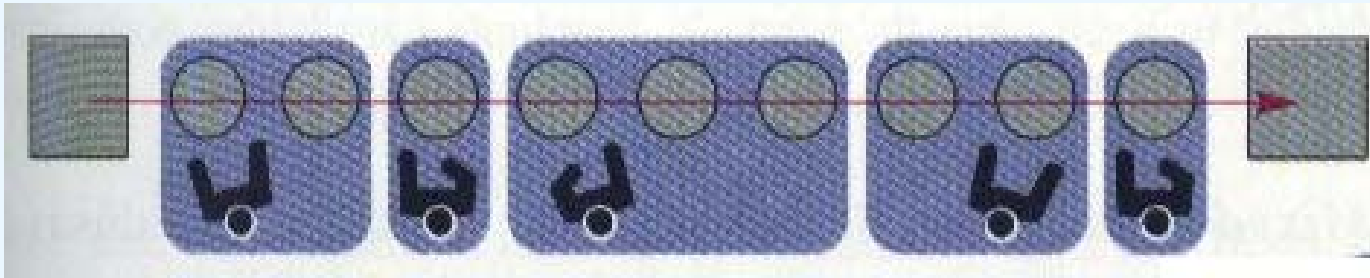
操作员被圈住，难以增加操作员以增加产能



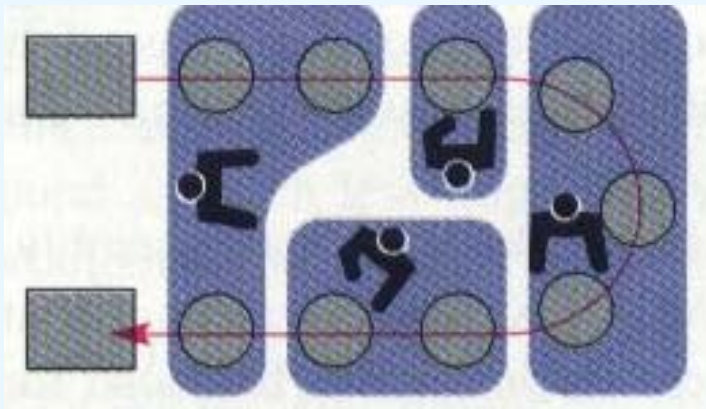
工人彼此之间可以相互帮助，可以增加工人以增加产能。

生产系统设计：设施布局

柔性生产线布局



直线状，不利于生产线平衡



U型线，有利于操作者灵活地接近生产线，有利于平衡，减少操作员数量

生产系统设计：设施布局



➤ 基本思路

- 建立设备（或区域）之间的关联函数（密切程度、往返次数、物流量）
- 确定约束条件（可用场地，某些设备之间的最小间距、某些设备所需占有的最小区间）；
- 根据使关联函数最优（物流量最小）人工或通过数学方法调整设备间相对位置。

生产系统设计：设施布局

➤ 设施布局方法

- 活动相关图法；
- 从至表法；
- 线性规划方法；

生产系统设计：设施布局

活动相关图 反映各种活动或功能部门之间的相互关系及其密切程度的矩阵图表。用字符表示相关的密切程度，用数字表示密切的原因（可能为几个）。

相关程度	代码	评分
绝对必要	A	6
很重要	E	5
重要	I	4
一般	O	3
不重要	U	2
不宜接近	X	1

相关程度的原因	代码
功能相近	1
例常性检查或处理	2
控制病人流动	3
提高医生效率	4
快速传递检验结果	5
隔离工作影响	6
隔离病人之间影响	7
对环境要求相似	8
紧急处理需要	9
减少重病号移动	10

生产系统设计：设施布局



活动相关图 步骤

- (1) 调查或估计各部门或功能之间的流量；
- (2) 绘制活动功能图；
- (3) 采用活动图进行平面布置

活动相关图平面布置原理：有规则的尝试方法，根据活动图中的关系的密切程度来安排各部门或功能区域的相对位置，使高度密切的功能部门尽可能相临布置。

活动相关图 平面布置三阶段：

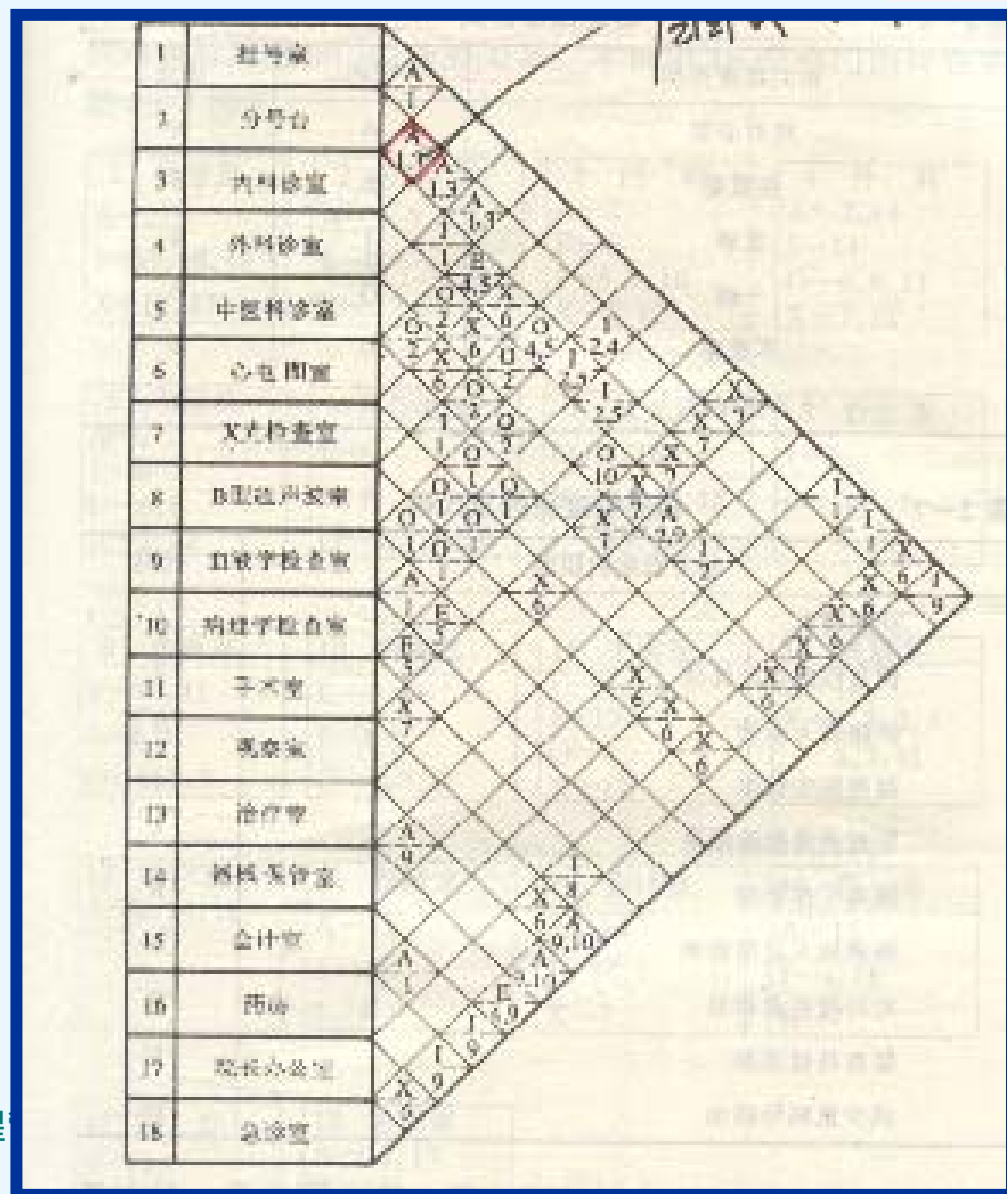
- (1) 确定各功能部门之间的相对位置，不考虑面积；
- (2) 把各部门的具体面积反映到相对位置中；
- (3) 结合实际的建筑平面图进行最终的平面布置。

生产系统设计：设施布局

相关程度	代码	评分
绝对必要	A	6
很重要	E	5
重要	I	4
一般	O	3
不重要	U	2
不宜接近	X	1

相关程度的原因	代码
功能相近	1
例行性检查或处理	2
控制病人流动	3
提高医生效率	4
快速传递检验结果	5
隔离工作影响	6
隔离病人之间影响	7
对环境要求相似	8
紧急处理需要	9
减少重病号移动	10

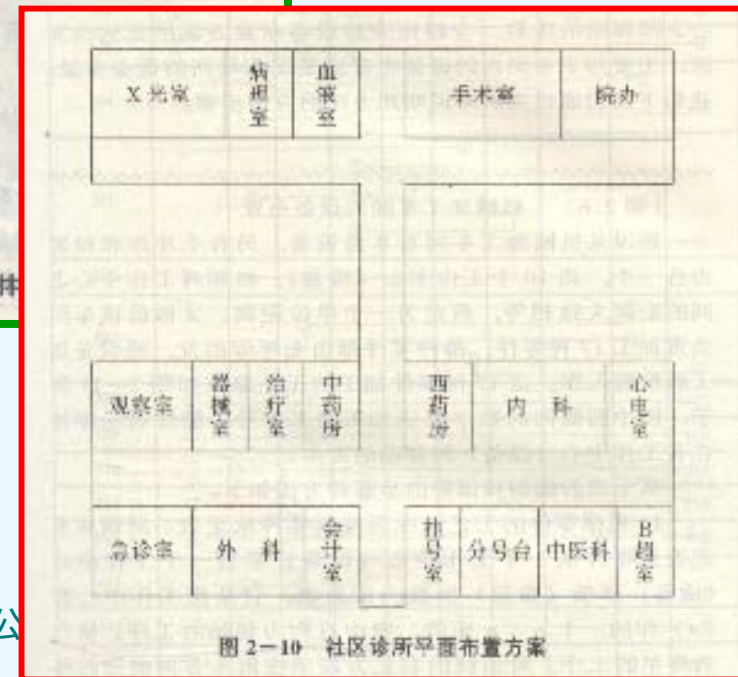
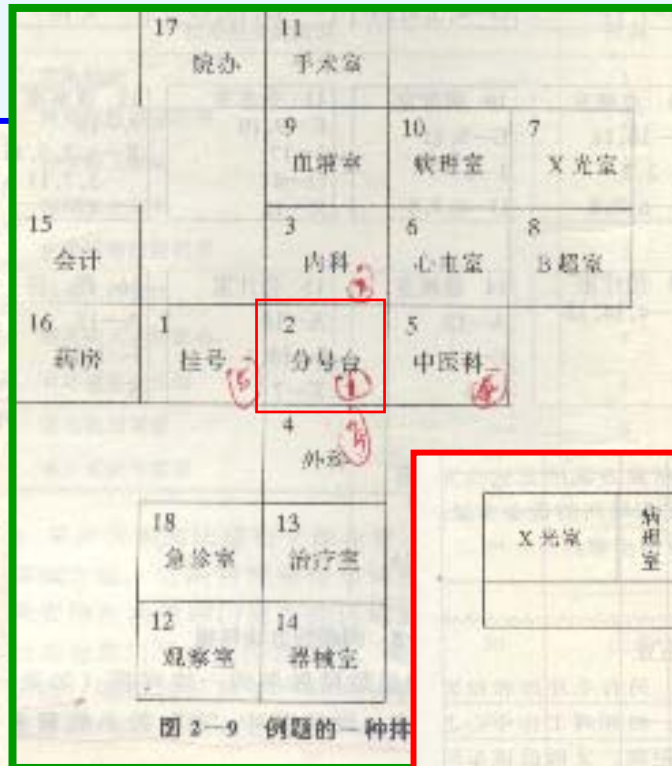
自创辉煌



生产系统设计：设施布局

1 挂号室 A—2 I—15, 16, 18 X—12, 17	2 分号台 A—1, 3, 4, 5 I—9 X—17, 12	3 内科 A—2 E—6 I—5, 9, 10 X—2, 12	4 外科 A—2, 13 I—14 O—6, 8, 11 X—7, 12
5 中医科 A—2 I—3 O—6, 8 X—7, 12	6 心电图 E—3 I—8 O—4, 5, 9, 10	7 X光室 O—9, 10 X—3, 4, 5, 12 15, 16, 17	8 B超室 I—6 O—3, 4, 5 9, 10
9 血液室 E—10, 11 I—2, 3 O—6, 7, 8	10 病理室 E—9, 11 I—3 O—6, 7, 8	11 手术室 E—9, 10 I—17 O—4 X—12	12 观察室 A—18 X—1, 2, 3, 4 5, 7, 11 17
13 治疗室 A—4, 14, 18	14 器械室 A—13 E—18 I—4	15 会计室 A—16 I—18, 1 X—7	16 药房 A—15 I—1, 18 X—7
17 院办 I—11 X—1, 2, 7 12, 18	18 急诊室 A—12, 13 E—14 I—1, 15, 16 X—17		

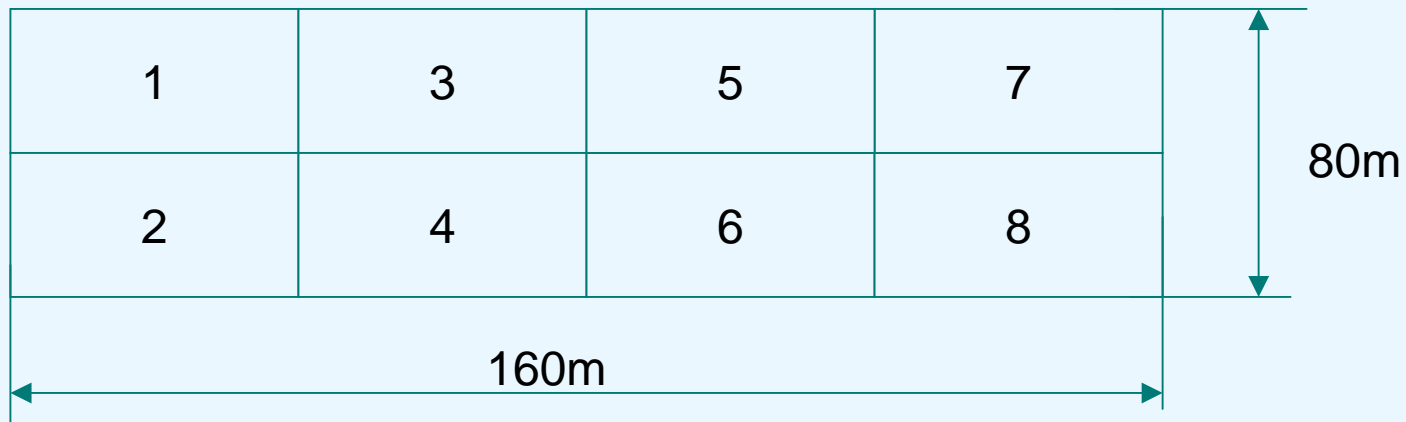
图 2-8 例题的方块样板



生产系统设计：设施布局方法（从至表法）



- 问题： 布局某玩具厂的8个部门，使得各部门之间物料搬运费用最少。假设是用标准的料箱搬运；所有各部门的面积相同；邻近部门之间的运费为1元/箱搬运量）。



初始布局

生产系统设计：设施布局方法（从至表法）



表示部门之间每天物料搬量的从至表

	2	3	4	5	6	7	8
1、油漆	175	50	0	30	200	20	25
2、注塑		0	100	75	90	80	90
3、金属成型			17	88	125	99	180
4、塑料溶合				20	5	0	25
5、发运与装货					0	180	187
6、小玩具装配						374	103
7、大玩具装配							7
8、机械装配							

表示部门之间每天物料搬运费用的从至表（初始布局）

	2	3	4	5	6	7	8
1、油漆	175	50	0	60	400	60	75
2、注塑		0	100	150	180	240	270
3、金属成型			17	88	125	198	360
4、塑料溶合				20	5	0	50
5、发运与装货					0	180	187
6、小玩具装配						374	103
7、大玩具装配							7
8、机械装配							

小计：3474

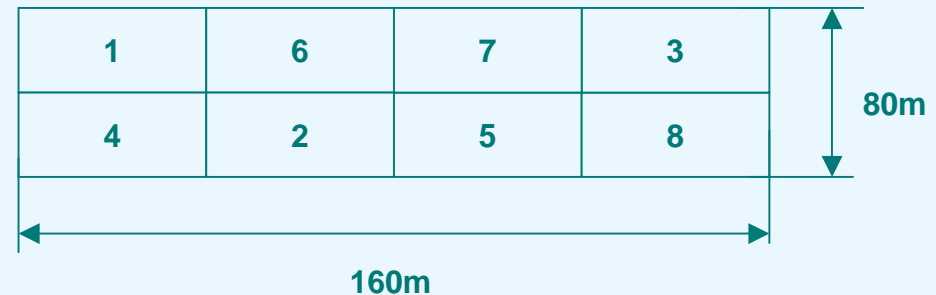
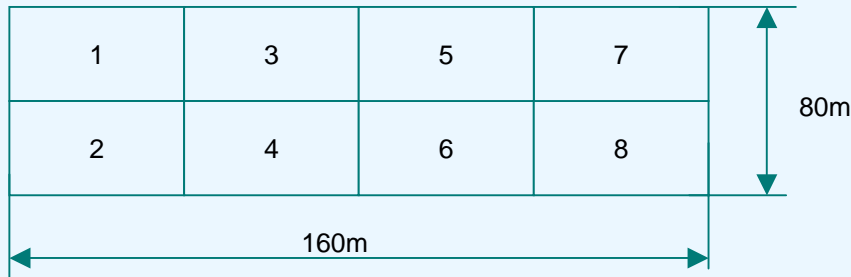
生产系统设计：设施布局方法（从至表法）

- 共有 $8!=40320$ 种布局方案；
- 调整思路：将物流搬运量最多的部门尽量靠近。

初始布局



最佳理论布局



	2	3	4	5	6	7	8
1、油漆	175	150	0	60	200	40	75
2、注塑		0	100	75	90	80	180
3、金属成型			51	88	250	99	180
4、塑料溶合				40	5	0	75
5、发运与装货					0	180	187
6、小玩具装配						374	206
7、大玩具装配							7
8、机械装配							

小计：2967元

生产系统设计：设施布局方法（CRAFT）



- CRAFT: Computerized relative allocation of facilities technique.

n =部门或中心数量；

v_{ij} =单位时间内从部门 i 到 j 的物料搬运次数；

u_{ij} =从部门 i 到 j 的单位距离单次搬运搬运费用；

d_{ij} =部门 i 与 j 之间的距离；

$$\frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n u_{ij} v_{ij} d_{ij}$$

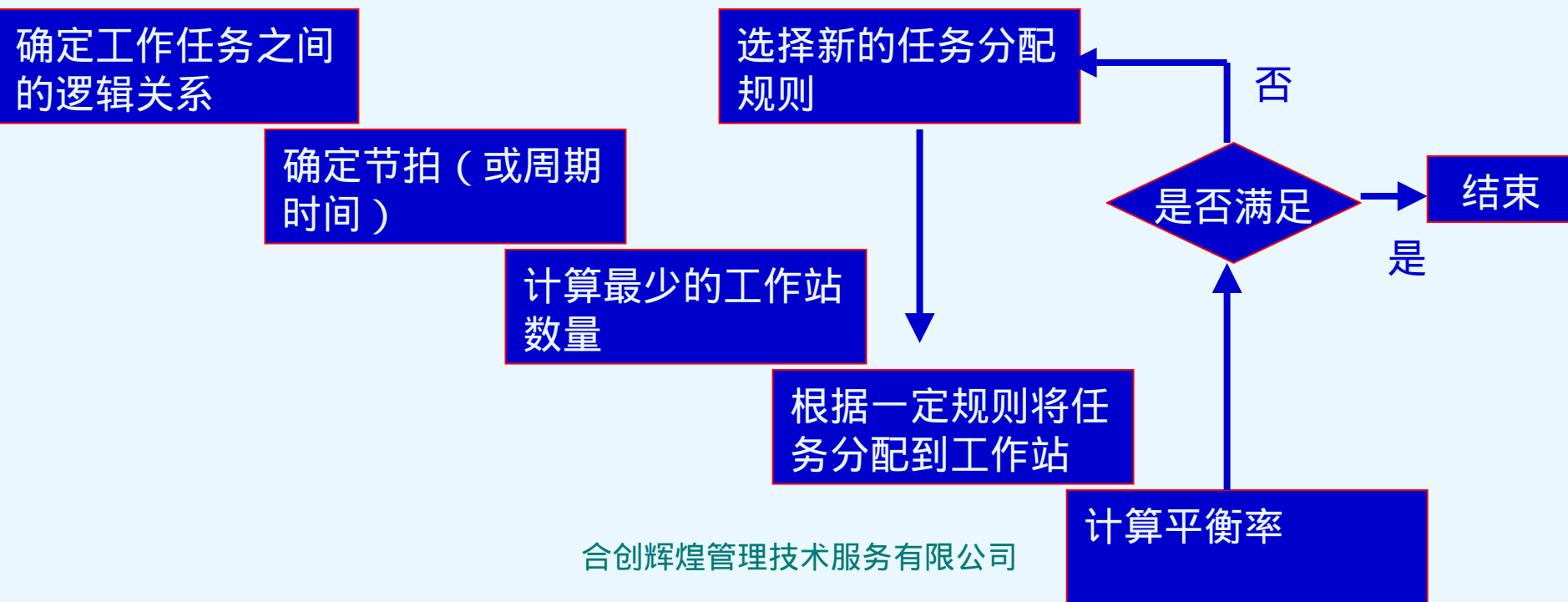
❖CRAFT需要初始布局；

❖ALDEP-automated layout design program能自动构建路径，而不需要初始布局；

生产系统设计：流水线平衡法



将基本工作任务分配到流水线上的一系列工作站，使得每个工作站在周期时间内都处于满负荷工作状态，并且各工作站负荷（工作时间）尽可能均衡，从而使得工作站数量尽可能少。



生产系统设计：流水线平衡法

模型车装配：
 产能：500/天；
 每天有效工作时间：420分；

计算周期时间C

$$C = \frac{\text{每天工作时间}}{\text{每天产量}} = \frac{420 \times 60}{500} = 50.4 \text{秒}$$

计算最少的工作站数N_t

$$N_t = \frac{\text{所有任务的时间之和T}}{\text{周期时间C}}$$

$$= \frac{195}{50.4} = 3.87 \approx 4 \text{个}$$

任务	时间（秒）	任务描述	先前任务
A	45	装后轴架，上4个螺母	
B	11	插入后轴	A
C	9	紧固后轴螺母	B
D	50	装前轴架，上4个螺母	
E	15	紧固前轴总成螺母	D
F	12	装后轮1，固定轮毂罩	C
G	12	装后轮2，固定轮毂罩	C
H	12	装前轮1，固定轮毂罩	E
I	12	装前轮2，固定轮毂罩	E
J	8	将操作杠装到在前轴总成上，并上螺母	F, G, H, I
K	9	紧固螺母	
	195		

生产系统设计：流水线平衡法

确定主、辅任务分配规则，主规则分配任务，辅规则用于分配按照主规则次序相等的任务。常采用的主规则：

- R1: 根据候选任务的后续任务数从多到少的顺序
- R2: 根据候选任务的完成时间从长到短的次序；

候选任务的条件：

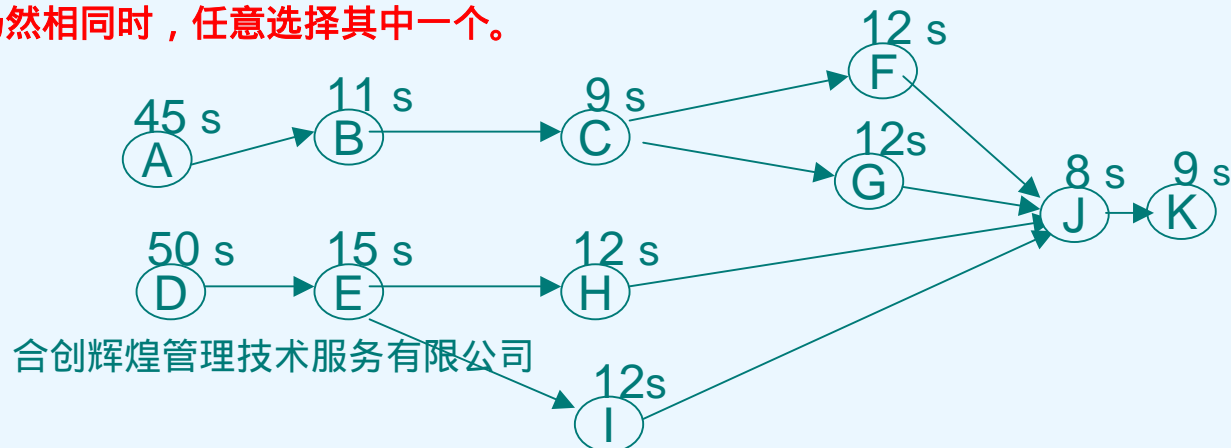
- ❖ 尚未分配；
- ❖ 其先前的任务已经分配到之前或当前工作站；
- ❖ 其时间不超过当前工作站的剩余时间

R1: 为后续的工作站提供更多的候选任务，从而减少工作站闲置的可能性。

R2: 首先尽快分配加工时间长或难加工的候选任务，而加工时间短或加工相对容易的任务被后续分配以适应已有的方案。

注：当应用辅助分配规则优先分配次序仍然相同时，任意选择其中一个。

任务	后续任务的数量
A	6
B或D	5
C或E	4
F, G, H, 或I	2
J	1
K	0

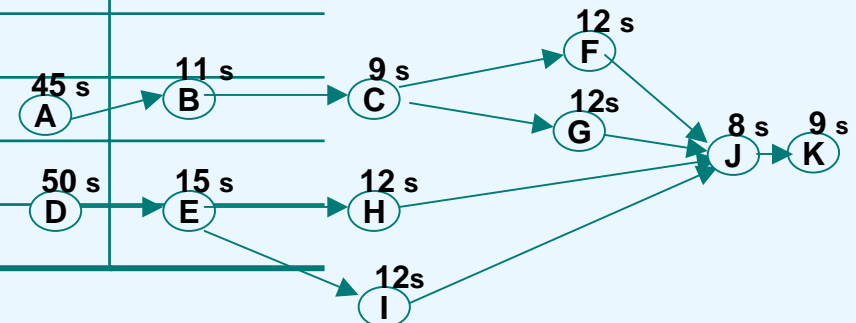


生产系统设计：流水线平衡法

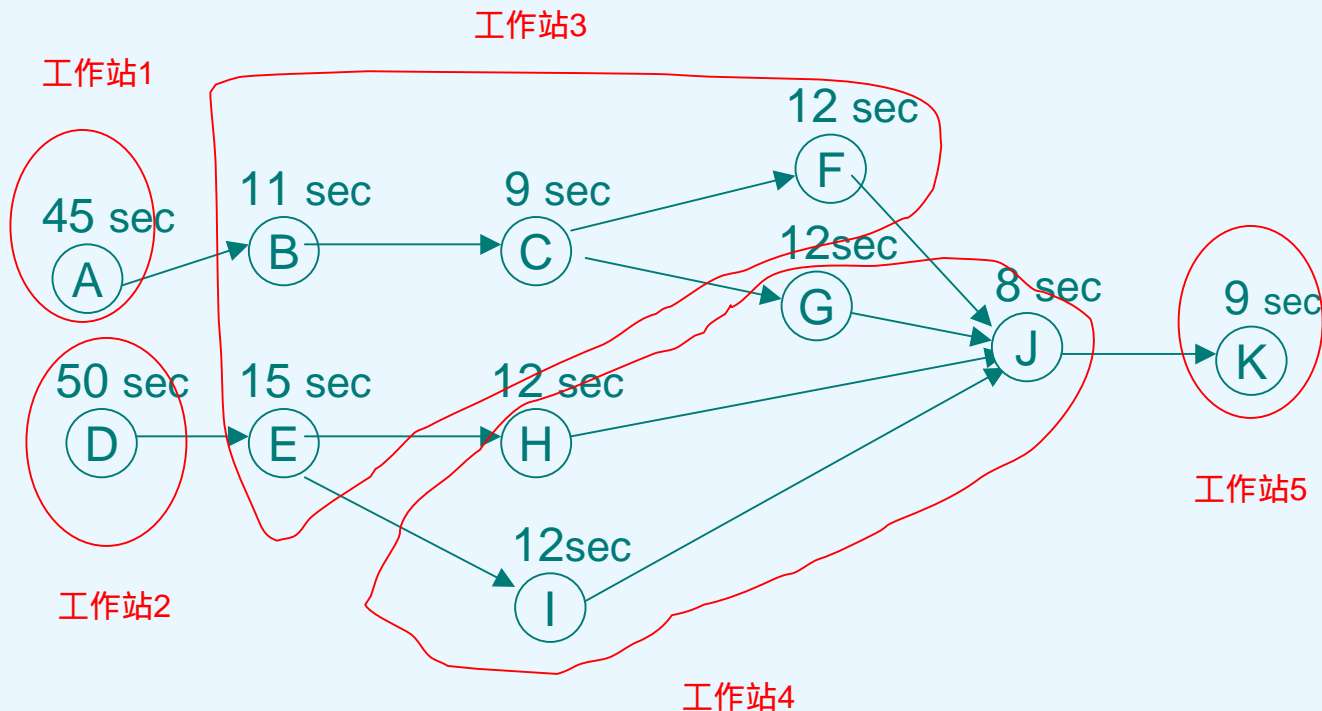
根据分配规则把任务分配到各个工作站——规则1

	作业	作业时间 (S)	剩余的未分配时间 (S)	可行的遗留作业	最多的后续作业	操作时间最长的作业
工作站1	A	45	5.4	无		
工作站2	D	50	0.4	无		
工作站3	B	11	39.4	C E	C E	E
	E	15	24.4	C H I	C	
	C	9	15.4	F G H I	F G H I	F G H I
	F*	12	3.4	无		
工作站4	G	12	38.4	H I	H I	H I
	H*	12	26.4	I		
	I	12	14.4	J		
	J	8	6.4	无		
工作站5	K	9	41.4	无		

任务	后续任务的数量
A	6
B或D	5
C或E	4
F, G, H, 或I	2
J	1
K	0



生产系统设计：流水线平衡法



计算装配线效率

$$\text{效率} = \frac{\text{完成作业所需的时间总量}}{\text{实际工作站数} \times \text{时间周期}} = \frac{195}{(5)(50.4)} = 77\%$$

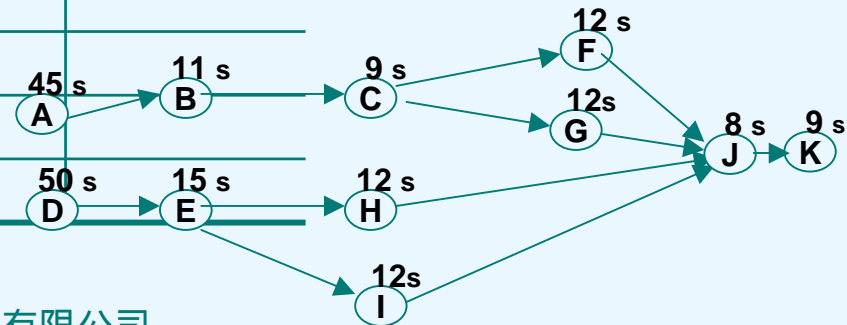
合创辉煌管理技术服务有限公司

生产系统设计：流水线平衡法

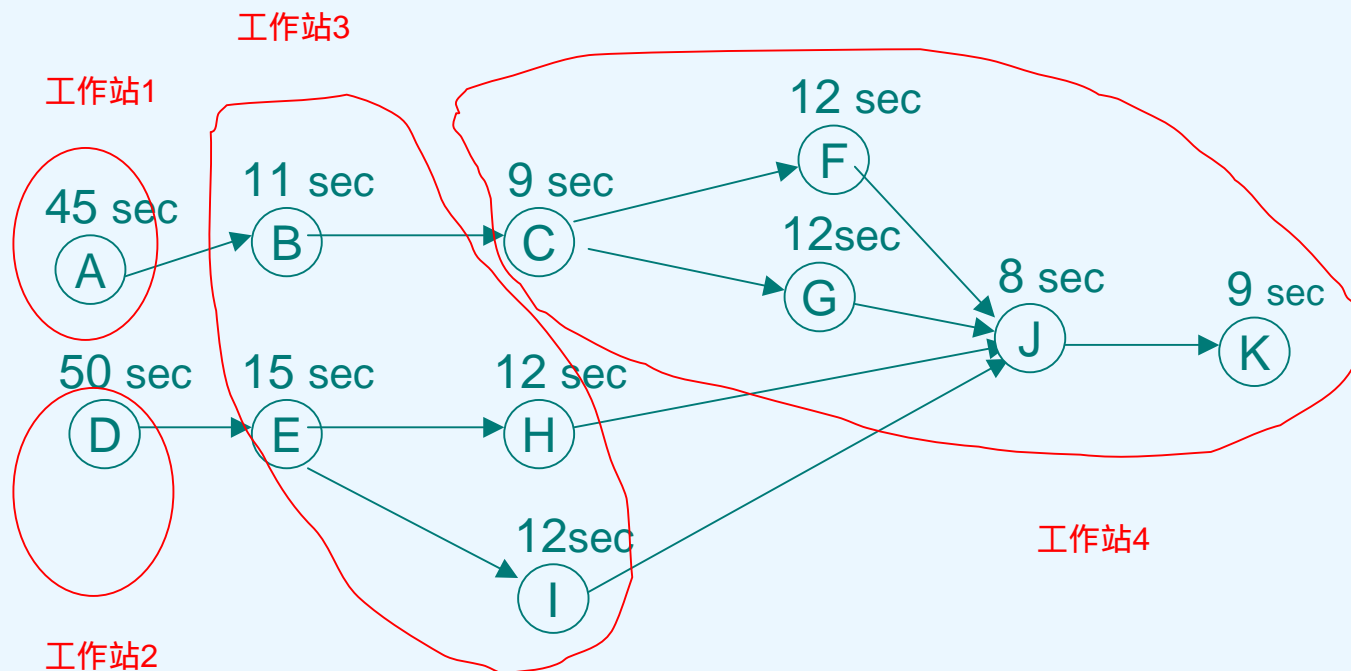
评估装配线效率并作出相应调整——规则2

	作业	作业时间 (S)	剩余的未分配时间 (S)	可行的遗留作业	最多的后续作业	操作时间最长的作业
工作站1	D	50	0.4	无		
工作站2	A	45	5.4	无		
工作站3	E	15	35.4	B H I	H I	H I
	H	12	23.4	B I	B	I
	I	12	11.4	B		
	B	11	0.4	无		
工作站4	C	9	41.4	F G	F G	F G
	F	12	29.4	G	G	
	G	12	17.4	J	K	
	J	8	9.4	K	K	
	K	9	0.4	无		

任务	后续任务的数量
A	6
B或D	5
C或E	4
F, G, H, 或I	2
J	1
K	0



生产系统设计：流水线平衡法



计算装配线效率

$$\text{效率} = \frac{195}{(4)(50.4)} = 97\%$$

生产系统设计：流水线平衡法

混合流水线：在同一时间内，流水线上混合地生产多种产品。

混合流水线平衡：按固定的混合产品组组织生产，即将不同的产品按固定的比例和生产顺序编成产品组，一个组一个组的在流水线上生产。

模型J、K钻孔：

加工时间——J：6分钟/个；K：4分钟/个
每天有效工作时间：480分（8小时X60分）；
J与k所占比例相等；

$$\Rightarrow 6J + 4K = 480$$

每天：48J和48K

每小时：6J和6K

方案1

加工顺序	J J	K K K	J J	J J	K K K	8次/天
加工时间	6 6	4 4 4	6 6	6 6	4 4 4	
子循环周期	12	12	12	12	12	
总周期	60					

方案2

加工顺序	J K	K J	K J	16次/天
加工时间	6 4	4 6	4 6	
子循环周期	10	10	10	
总周期				

产品组

生产系统设计

- 设施布局
- 流水线平衡
- **标准工时确定**
- 预定时间法
- 动作设计
- 工作环境设计

生产系统设计：标准工时确定

标准工时：是指在适宜的操作条件下，用最合适的操作方法，以普通熟练工人的正常速度完成标准作业所需的劳动时间。

- ❖ 适宜的操作条件--通过方法研究后确定的环境、设备、夹具、材料等；
- ❖ 最合适的操作方法--通过方法研究后确定的加工方式、操作次序、操作动作、操作布置、姿态等；
- ❖ 普通熟练工人—操作者必须是一个合格的工人，而且该作业必须适合他来做；操作者对该项特定工作的操作方法必须受过完全的训练。
- ❖ 正常的速度—操作者工作时生理状况正常，不能过度紧张，也不能故意延误。

生产系统设计：标准工时确定



标准工时的应用

生产管理

计划管理

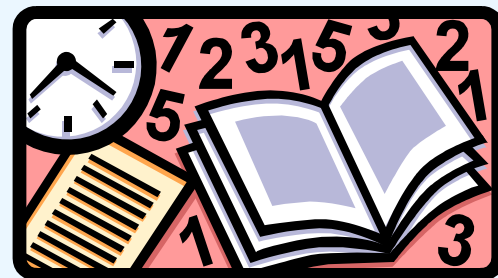
制程管理

人员管理

财务管理

成本管理

价格管理



生产系统设计：标准工时确定

标准时间：在正常的生产技术组织条件下，完成一定的工作时间所要消耗的时间

工作时间：直接消耗于产品生产上的时间，与产品批次大小成比例。包括由机器设备自动完成的时间与人工操作完成的工艺时间。

调整时间：包括工作场地布置、调整机器、更换刀具、夹具等技术性准备时间；

宽放时间：[见后](#)

非标准时间：由于操作者失误、或生产组织不完善可以避免发生的原因造成的无效工时，表现为停工待料、返工等。

标准工时的构成

总工作时间							
标准时间						非标准时间	
调整时间	工作时间		宽放时间				
	机动时间	手动时间	疲劳宽放		不可避免的迟延	政策性宽放	可以避免的迟延
			固定	变动			

生产系统设计：标准工时确定

标准工时的制定方法

- 1.经验判断法：**凭生产实践经验估算出工时消耗而制定定额的方法。
- 2.历史纪录法：**根据过去生产的原始记录和统计资料，来推断同等内容工作的时间标准。
- 3.作业测定法：**直接或间接观测工作者的操作和记录工时，并加上评比和宽放，利用事先分析好的时间标准加以合成而得标准时间。

生产系统设计：标准工时确定

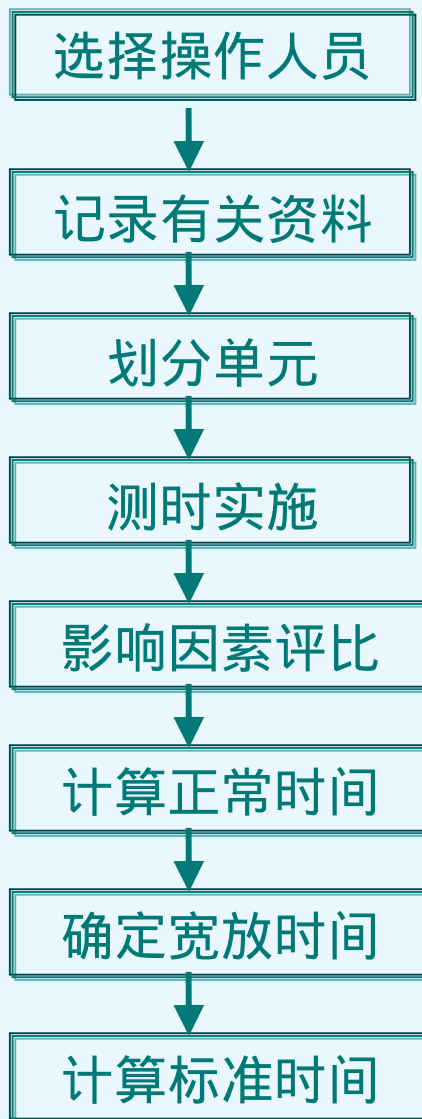


作业测定法

国际劳工组织的工作研究专家关于作业测定的定义“**作业测定是运用各种技术来确定合格的工人按规定的作业标准完成某项工作所需的时间**”。

作业测定的目的

- ❖ 制定作业系统的标准；
- ❖ 改善作业系统；
- ❖ 制定最佳的作业系统



生产系统设计：标准工时确定之选择操作人员



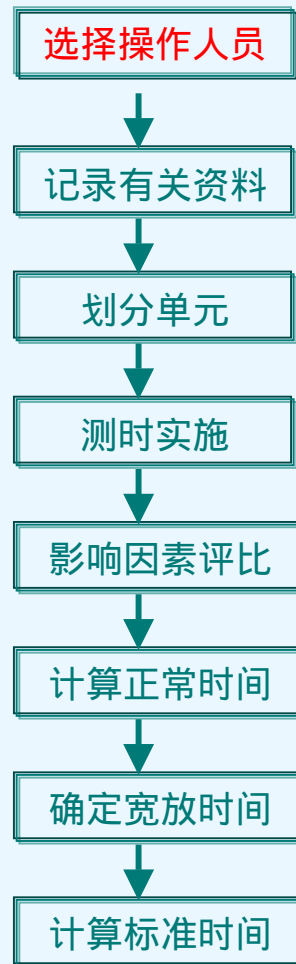
❖ 选择一般熟练工人作操作人员，这样确定的标准工时适合大多数工人；

❖ 操作人员具备的条件

- ☞ 愿意合作并有信心做好工作；
- ☞ 受过完备培训，熟悉操作程序。

❖ 对操作人员

- ☞ 态度友好，多与之沟通；
- ☞ 给予发问机会，鼓励其提供意见；
- ☞ 对其操作有信心，有兴趣。



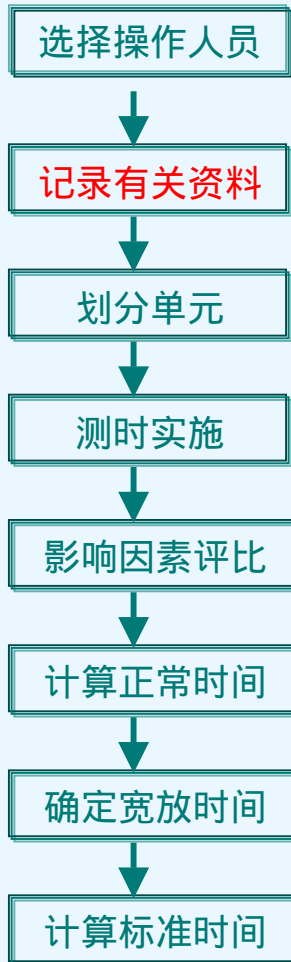
生产系统设计：标准工时确定之记录有关资料



标准工时随工作情况与方法而变化，所以必须详细记录標，以利于日后作参考。

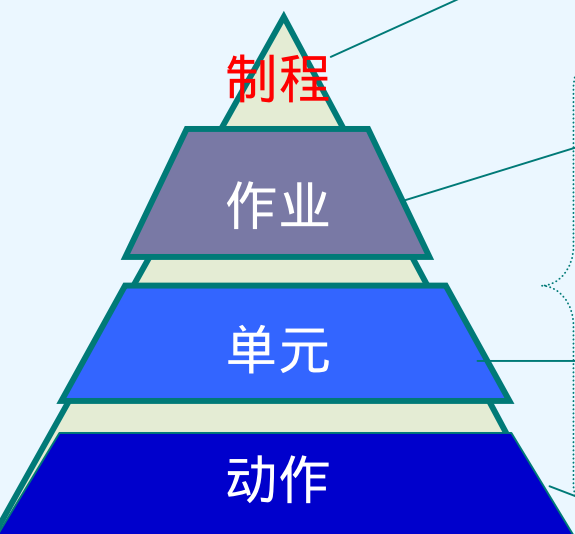
记录内容：

- 1.产品名称、图样、规格与零件等；
- 2.制造程序与操作方法、进刀速度、深度与转速等；
- 3.设备性能、材料规格与工作现场布置；
- 4.工作环境，如温度、湿度、照明与噪音情况等；
- 5.操作人员的等级、能力、性别与姓名；
- 6.研究案号、资料数、审核人与日期。



生产系统设计：标准工时确定之划分单元

将工作过程作业(Cycle)划分为数个动作组成的部分。



工作的四个层次

为进行某种活动所必需的作业串通，如装配。

由几个连续单元集合而成，如伸手抓取材料在夹具上定位；

由几个连续动作集合而成，如伸手、抓取等

人的基本动作，如伸手、抓取等。

选择操作人员



记录有关资料



划分单元



测时实施



影响因素评比



计算正常时间



确定宽放时间



计算标准时间

生产系统设计：标准工时确定之测时实施

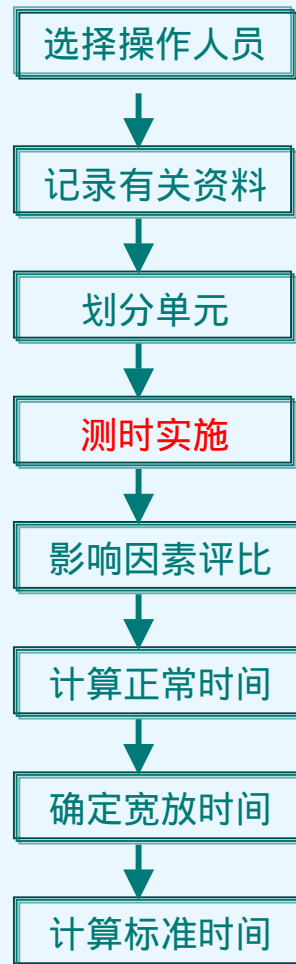
1.测量方法 { 归零法 连续测时法

2.观测操作人员工作

与操作人员保持一定距离采取易于详细观察的位置不能与操作人员谈话。

3.剔除异常值

- 1) 不按照标准化操作单元操作，多加动作；
- 2) 遗漏操作单元；
- 3) 测时人员错误或疏忽；
- 4) 外来干扰因素，如标准状态改变，材料、物件不符。





生产系统设计：标准工时确定之测量次数的确定

测量次数的计算

(1) 信赖度95%，±10%的精确度

$$N = \left(\frac{20 \sqrt{n \sum X^2 - (\sum X)^2}}{\sum X} \right)^2$$

N：应观测次数

n：已观测次数

X：观测值

(2) 信赖度95%，±5%精确度

$$N = \left(\frac{40 \sqrt{n \sum X^2 - (\sum X)^2}}{\sum X} \right)^2$$

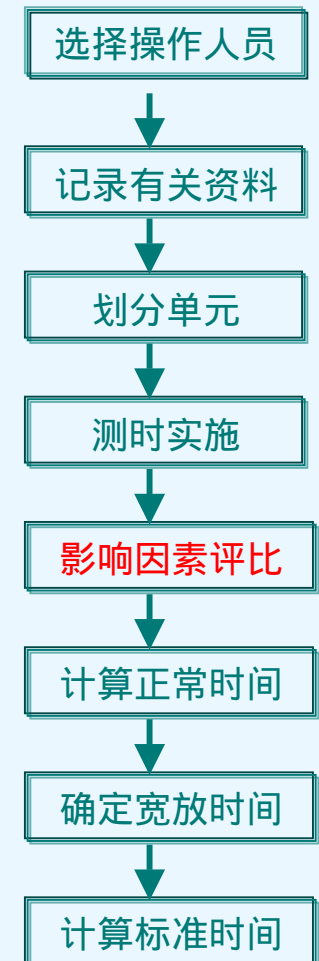
生产系统设计：标准工时确定之影响因素评比

影响因素

评比的目的在于把被观测者的实际操作时间调整到合格适当的操作者的正常速度上。

1. **熟练**：是对某一既定工作方法掌握程度的反映；
 2. **努力**：值操作者工作时对提高效率在主观意志上的表现；
 3. **工作环境**：主要对操作者产品影响；
 4. **一致性**：值操作者在同一种操作的周期上时值的差异；
- ♣ **注意：评比因素的正负性；**

合创辉煌管理技术服务有限公司



生产系统设计：标准工时确定之影响因素评比

熟练度			努力度		
超佳	A1	+0.15	超佳	A1	+0.13
	A2	+0.13		A2	+0.12
优	B1	+0.11	优	B1	+0.10
	B2	+0.08		B2	+0.06
良	C1	+0.06	良	C1	+0.05
	C2	+0.03		C2	+0.02
平均	D	0.00	平均	D	0.00
可	E1	-0.05	可	E1	-0.04
	E2	-0.10		E2	-0.08
欠佳	F1	-0.16	欠佳	F1	-0.12
	F2	-0.22		F2	-0.17

生产系统设计：标准工时确定之影响因素评比

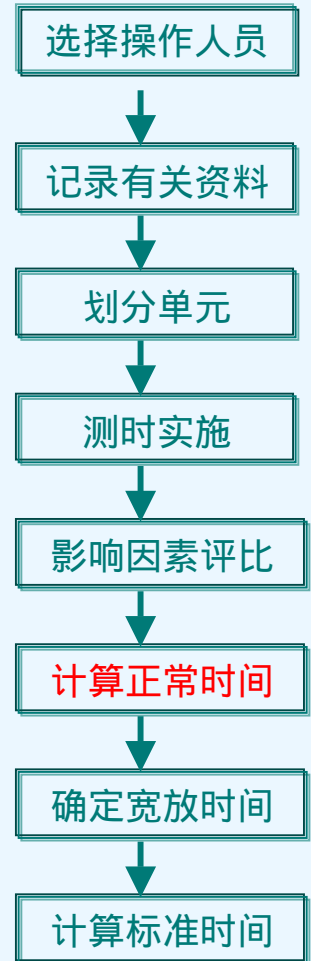


工作环境			一致性		
超佳	A	+0.06	超佳	A	+0.04
优	B	+0.04	优	B	+0.03
良	C	+0.02	良	C	+0.01
平均	D	+0.00	平均	D	+0.00
可	E	-0.03	可	E	-0.02
欠佳	F	-0.07	欠佳	F	-0.04



生产系统设计：标准工时确定之计算正常时间

$$\begin{aligned} \text{正常工作时间} &= \text{观测时间} (1 + \text{评比因素}) \\ &= \frac{\sum \text{观测时间值}}{\text{观测次数}} (1 + \text{评比因素}) \end{aligned}$$



生产系统设计：标准工时确定之确定宽放时间

宽放种类		说明
对于不可避免的宽放	作业宽放 3~5% (普通 3%)	在作业中队更换不良工具、清扫等不确定性的且不可避免的操作的宽放；但准备作业不在此内。
	疲劳宽放	对于因疲劳而使作业时间拖延，及恢复疲劳所需的休息的宽放。
	特重作业 30%以上	
	重作业 20%	
	中作业 20%	
	轻作业 10%	
	生理宽放 3~5% (普通 3%)	上厕所、擦汗、喝水等生理上所需要的宽放。
	管理宽放 3~5% (普通 3%)	等待材料、搬运等的宽放，若设备或管理改善后可避免。

选择操作人员



记录有关资料



划分单元



测时实施



影响因素评比



计算正常时间



确定宽放时间



计算标准时间

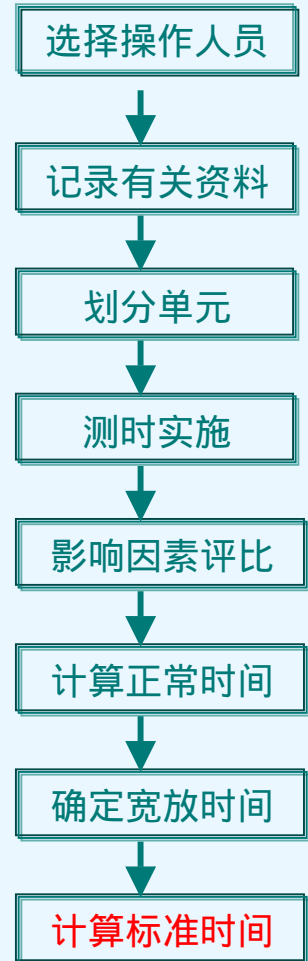




生产系统设计：标准工时确定之计算标准时间

标准时间=正常时间+宽放时间

$$= \frac{\sum \text{观测时间值}}{\text{观测次数}} (1 + \text{评比因素}) (1 + \text{宽放率})$$



生产系统设计

- 设施布局
- 流水线平衡
- 标准工时确定
- 预定时间法
- 动作设计
- 工作环境设计

生产系统设计：预定时间法

预定时间系统(Predetermined Time System)简称PTS法——利用预先为各种动作制定的时间标准来确定各种操作所需要的时间，而不是通过直接观察和测定。

PTS的发展：

- ❖ 1934年，美国无线电公司的J.H.Quick创立了工作因素法（Work Factor System），简称WF法；
- ❖ 1948年，美国西屋电气公司H. B. Maynad、G. J. Stegemerth、J.L.Schwab公开了方法时间衡量（Methods Time Measurement）简称MTM；
- ❖ 1966年，澳大利亚的G. C. Heyde博士创建了模特排时法(Modular Arrangement of Predetermined Time Standard) 简称MOD法。

生产系统设计：预定时间法

预定时间法的特点

- ❖ 在作业测定中，不需要对操作者的速度、努力程度等进行评价，就能预定客观地确定作业的标准时间；
- ❖ 可以详细记述操作方法，并得到各项基本动作时间值，从而对操作进行合理的改进；
- ❖ 可以不使用秒表，在工作前就决定标准时间，并制定操作规程；
- ❖ 当作业方法变更时，必须修订作业的标准时间，但所依据的预定动作时间标准不变；
- ❖ 用PTS法平整流水线是最佳方法。

生产系统设计：预定时间法之模特法

模特法的原理

- (1) 所有的人力操作时，均包括一些基本动作（共分为21种基本动作）；
- (2) 不同的人做同一动作（在条件相同的情况下）所需的时间基本相等；
- (3) 使身体不同部位动作时，其动作所用的时间互成比例（如手的动作是手指动作的2倍，小臂的动作是手指动作的3倍。

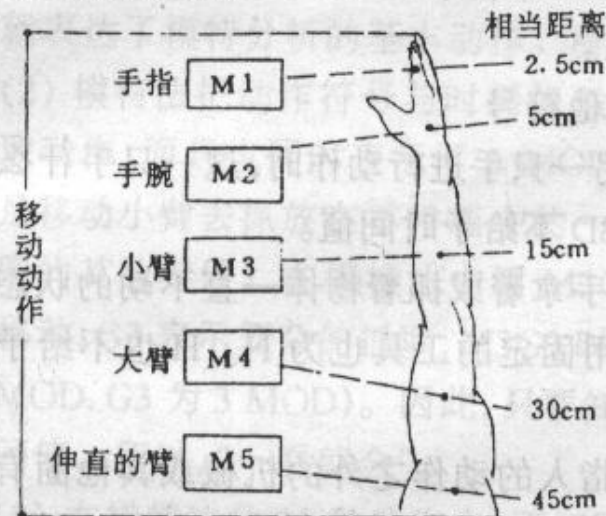
模特法的时间

选择一次手指动作的时间消耗值，作为基本时间单位：

$$1\text{MOD}=0.129\text{s. (1s}=7.75\text{MOD)}$$

生产系统设计： 预定时间法之模特法

基本动作(11种):



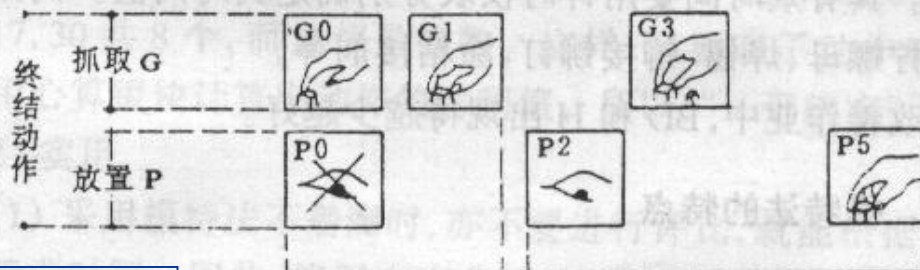
MOD 时间单位:

1MOD = 0.129 秒

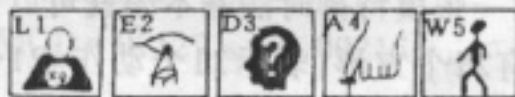
1 秒 = 7.75MOD

1 分 = 465MOD

(不含附加时间)



身体及其他动作(10种):



重量因素 用眼 判断 加压力 走步



弯曲一站起 坐下一站起
(往复) (往复)



校正 脚踏板圆周运动

生产系统设计：预定时间法之模特法



模特法动作分类及其时间

工厂常见的操作动作	上肢动作	移动动作	移动动作	M1手指动作	注1、2：需要注意的动作； 独：只有在其他动作停止的情况下独立进行的动作； 往：往复动作。即往返一次回到原来的状态。
				M2手腕动作	
				M3小臂动作	
				M4大臂动作	
				M5伸直的动作	
		反复多次反射动作	反复多次反射动作	指、腕、小大臂作时间依次减：为M1/2, M1, M2, M3；	
		终结动作	触摸动作、抓握动作	G0碰、接触	
				G1简单地抓取	
				G3复杂地抓取（注1）	
			放置动作	P0简单地放置	
				P2较复杂地放置（注2）	
				P5组装（注3）	
	其他动作	下肢动作	下肢动作	F3足踏板动作	
				W5走步动作	
		附加因素	附加因素	L1重量因素	
		其他动作	其他动作	E2（独）目视	
				R2（独）校正	
				D3（独）单纯地判断反应	
				A4（独）按下	
				C4旋转动作	
				B17（往）弯体动作	
				S30（往）起身动作	

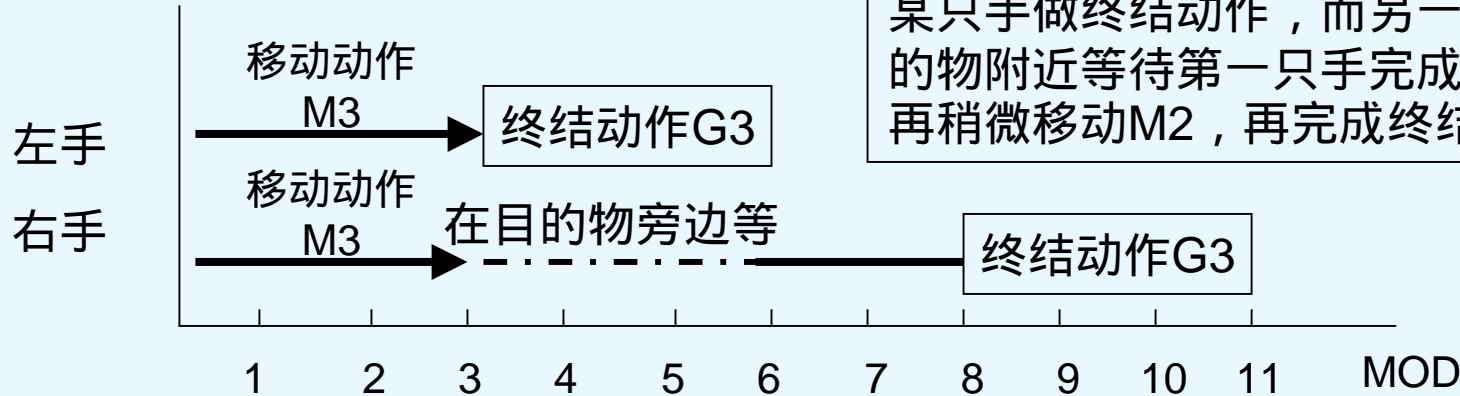
生产系统设计：预定时间法之模特法



- ❖ 反复动作是将工具和专用工具等牢牢握在手里，进行反复的动作。它不需要特别的注意，是移动动作的连续反复进行，没有终结动作与其成对出现；
- ❖ 终结动作是移动动作进行到最后时，要达到的目的的动作；
 - G0：用手指或手去接触目的物，而没有要抓住目的物的意图，只是触及而已，瞬间发生，因而没有动作时间。如碰推键；用手指接触垫圈；碰放在桌上的橡皮；推放在夹具上的印刷电路板。
 - P0：把拿着的东西送到目的地后，直接放下动作。放置的场所没有特殊的要求，一般不需要看，不需要时间。如将拿着的螺丝刀放到桌子的旁边；将传送带送来的零件放在自己的面前。
- ❖ 同时动作：用身体的不同部位，同时进行一样或不是一样的2个以上的动作。
 - 2手同时动作的条件：2手或一个手的终结动作不需要注意力时；
 - 2手同时动作的时间值：由时限动作（时间值大的动作）确定；具体分析对待；

生产系统设计：预定时间法之模特法

例1：当手同时向目的物场所移动的瞬间，某只手做终结动作，而另一只手就要在目的物附近等待第一只手完成终结动作后，再稍微移动M2，再完成终结动作。



例2：在桌子上前方放有放置有零件箱子A个B,两只手同时去分别抓两个零件A与B。若左或右手先抓，情况不同。

左手先抓

No	左手动作	右手动作	标记符号	次数	MOD
	伸手抓零件A M3G3	伸手抓零件B M4G3	M3G3M2G3		11

右手先抓

No	左手动作	右手动作	标记符号	次数	MOD
	伸手抓零件A M3G3	伸手抓零件B M4G3	M4G3M2G3		12

生产系统设计：预定时间法之模特法

❖ 步行动作W5：

- 每行走一步5MOD；回转身体也要挪动脚步，也看作W5；
- 搬运重物时，影响动作的速度，有效重量小于2kg时，不考虑影响；2~6kg时，重量因素为L1，时间值为一MOD；6~10kg时，为2L2，2MOD；以后每增加4kg，时间值增加1MOD。

❖ 其他：

- 矫正动作R2：矫正抓住零件和工具的动作，或将其回转，或改变方向而进行的动作。如抓螺丝刀，转而变成握住螺丝刀；把有极性的零件（如二极管）拿住，并矫正好方向；
- 判断动作D3：动作之间出现的瞬时判断。

生产系统设计：预定时间法之模特法

应用模特法进行作业测定的步骤

1. 正确描述操作过程：包括操作者的活动范围、路线、使用身体部位及所用工具，以及操作程序与步骤等。
2. 操作分解：对复杂的操作过程进行适当的分解，包括工位分解和动作分解；
3. 对动作组合单元进行动作分析
 - ☞ 将每一动作组合单元进一步分解为模特法规定的基本动作，并按模特法做出动作的分析式。
 - ☞ 同时动作
 - ☞ 时限动作



生产系统设计：预定时间法之模特法

4、绘制模特排时法记录表

零件图号：		年 月 日			
设备名称		作业条件			
工序名称		使用工具			
作业名称		分析条件			
No	左手动作	右手动作	动作分析符号	次数	MOD
1					
2					
3					
有效时间：		s(min)	MOD	s(min)	合计：s(min)

生产系统设计：预定时间法之模特法

5.计算标准时间

标准时间=正常时间×（1+宽放率）

- ❖ 注意：正常时间为用模特法测出的时间，宽放率根据不同类型的生产系统（如车间）具体选取或确定。

生产系统设计：预定时间法之模特法

❖ MTM方法：

- ❧ MTM-1：基本MTM，最精确，但烦琐；
- ❧ MTM-2：包括MTM-1动作组合，相对粗略，但节省时间；
- ❧ MTM-3：简单、快，但精度低；
- ❧ MTM-V：专门用金加工动作时间确定；
- ❧ MTM-C：用于银行和保险行业文书工作的动作时间确定，使用MTM-1的基本单元时间；
- ❧ MTM-M：用于使用显微镜的动作时间确定，不同MTM-1的基本单元时间；
- ❧ MTM-MEK：用于单件小批量生产的不怎么重复的动作时间的确定；
- ❧ MTM-UAS：用于批量生产的时间确定。

生产系统设计

- 设施布局
- 流水线平衡
- 标准工时确定
- 预定时间法
- 动作设计
- 工作环境设计

生产系统设计：动作设计

动作节约原则

- 1) 双手的动作应同时而对称；
- 2) 手的动作应以最低的等级而能得到满意的结果；
- 3) 尽可能利用物体的动能，曲线运动较方向突变的直线运动为佳，弹道式运动较受控制的运动轻快，动作尽可能使之有轻松的节奏；
- 4) 工具、物料应置于固定处所及工作者前面近处，并以最佳的工作顺序排列；
- 5) 零件、物料应尽量利用其重量坠落送至工作者前面近处；
- 6) 应有适当的照明设备，工作台及座椅式样和高度时工作着保持良好的姿势和坐立适宜；
- 7) 尽量解除手的工作，而以夹具或足踏工具代替手；
- 8) 可能时，应将两种或以上的工具合并为一；
- 9) 手指分别工作时，各指负荷应按其本能予以分配。手柄的设计，尽可能与手的接触面大；机器上的杠杆、手轮的位置，尽可能时工作者少变动其姿势；
- 10) 工具及物料应尽可能预防在工作位置（事先定位）。

生产系统设计

- 设施布局
- 流水线平衡
- 标准工时确定
- 预定时间法
- 动作设计
- 工作环境设计

生产系统设计：工作环境设计

❖ 环境因素从性质上可分为

- 1) 物理环境：温度、湿度、照明、噪声、压力、振动、电磁辐射等
- 2) 化学因素：有毒有害化学物等
- 3) 生理因素：营养、疾病、药物、睡眠等
- 4) 心理因素：动机、恐惧感、工作负荷等。
- 5) 生物因素：病毒和其他微生物等。

❖ 工作环境区域划分：最舒适区、舒适区、不舒适区、不能忍受区

生产系统设计：工作环境设计

微气候

气温：空气的冷热程度，客观标准的 舒适温度：工作时为 $19 \sim 21$ 。休息时为 $25 \sim 29$ 。标准温度为 21 ± 3 。

湿度：空气的干湿程度，无风时，湿度以45%-60%为宜；冬季湿度为40%-60%；夏季湿度45%-65%为宜。

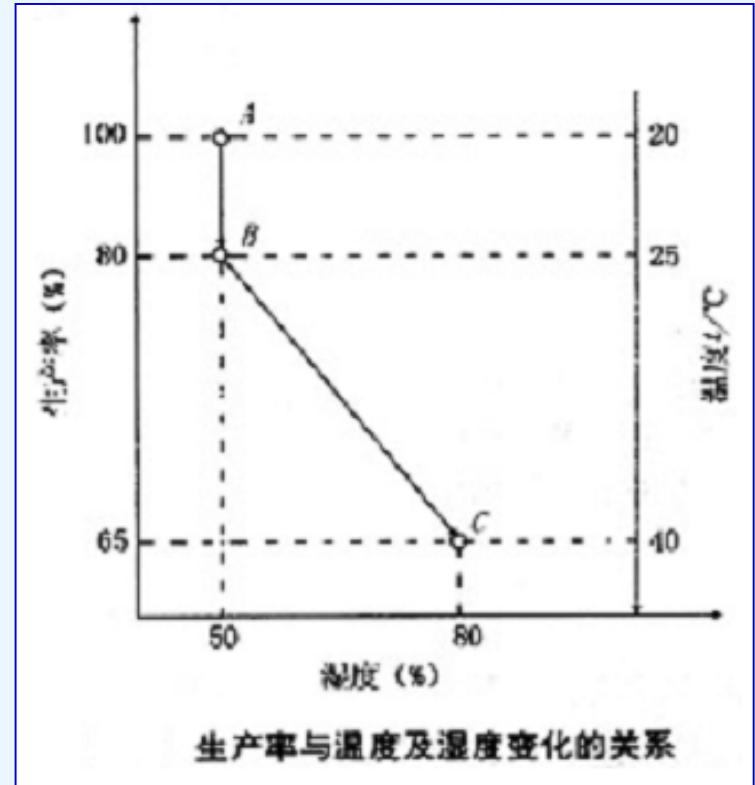
气流速度：空气的流动速度，在舒适的温度范围内，人感到空气新鲜的平均气流速度为0.15m/s。

热辐射：物体在绝对温度大于0 K时的辐射能量。正辐射和负辐射。

生产系统设计：工作环境设计

生产率与温度和湿度的关系

- ❖ 当温度为20℃、湿度为50%时，生产率为100%(A点)；
- ❖ 当湿度不变，温度升高至25℃时，生产率下降至80%(B点)；
- ❖ 当温度升高至40℃、湿度为80%时，生产率下降至65%(C点)。



生产系统设计：工作环境设计



❖ 照明环境

1) 光的量度：光通量、发光强度、照度、亮度

2) 对照明环境的要求

- 适宜的照度：人有舒适度感的基本照度要求是100Lx，一般工作场合200Lx，精细加工车间为500Lx；
- 光的质量：光的稳定性和均匀性、避免眩光、光色效果。

❖ 噪声环境

- 噪声的量度：压与声压级、声强与声强级、声功率与功率级
- 噪声的主观量度：响度级与响度、计权声级、等效连续A声级

生产系统设计：工作环境设计

噪声控制措施

❖ 从声源上根治噪声

- 改进机械结构设计：选用发声小的材料；改变传动方式；改进设备结构
- 改进工艺和操作方法
- 提高加工精度和装配质量

❖ 在噪声传播途径上降低噪声

- 采用能够吸收噪声的材料和结构，尽量吸收掉一些噪声能，降低噪声；
- 利用隔声板、隔声罩、隔声管道和消声器等坚实的材料或装置隔离噪声传播的通路，控制噪声；
- 对于振动较严重的噪声源，可采用弹簧、橡胶和气垫等元件减少振动力的传递或者在振动表面覆盖以阻尼材料，降低噪声辐射率。

❖ 个人防护：耳塞、防声棉、耳罩、防声头盔等

生产系统设计：工作环境设计

❖ 振动环境

- 人的共振特性：在正常的重力环境中，垂直方向的4Hz ~ 8Hz、10Hz ~ 12Hz、20Hz ~ 25Hz分别为人体的第1、2、3共振峰；
- 人的各个器官也有自己的共振频率。例如眼睛的共振频率为20Hz ~ 25Hz，头为25Hz ~ 30Hz，手为30Hz ~ 40Hz，内脏为5Hz ~ 8Hz，神经为245Hz ~ 250Hz。

❖ 振动的防护与控制

- 防止全身振动：防震鞋
- 防止局部振动：同时使用抗振工具和抗振手套；测定振动工具的振动频率及振动强度，并按照评价标准规定振动作业时间与工间休息时间；对操作者定期体检；在抓紧使用工具时应尽可能轻，尽可能将振动工具放在支架上使用；若发现手指麻木、疼痛或发白，应立即就医。

生产系统分析改善

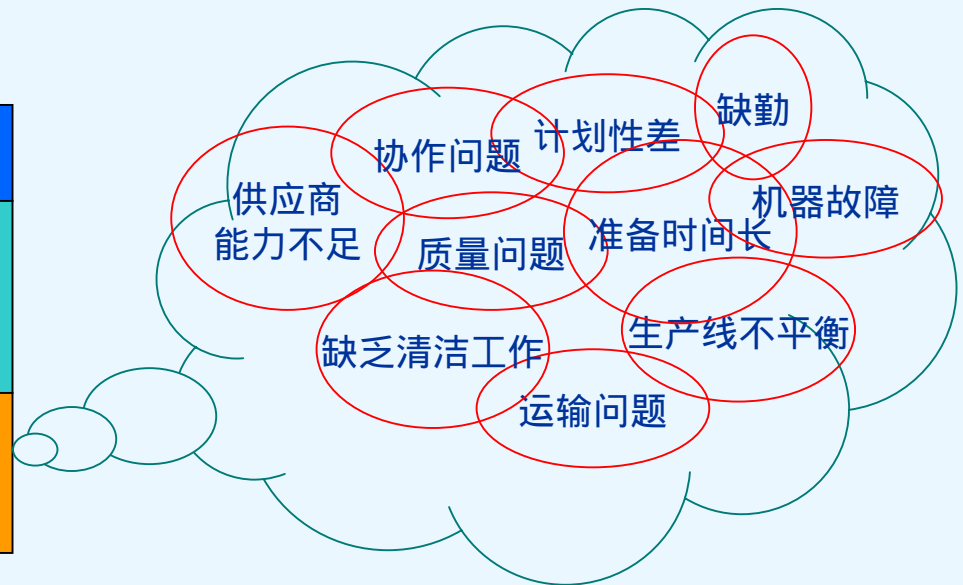
- 生产系统浪费
- 生产系统诊断技术
- ECRS原则
- 生产过程逻辑分析
- 生产过程改善

生产系统分析——生产系统浪费

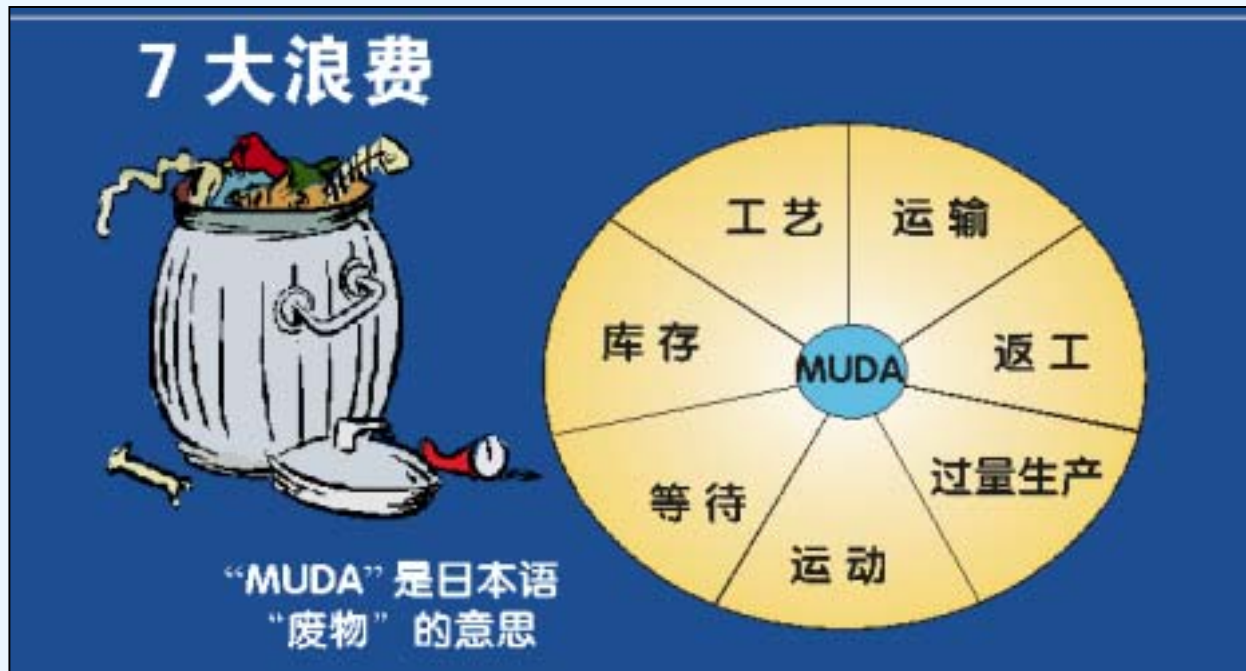
浪费的概念

传统的看法
材料、报废、退货、废弃物

现代的定义
所有一切不增值的活动（顾客角度）



生产系统分析——生产系统浪费



- 过量生产的浪费
- 等待时间的浪费
- 运输的浪费
- 库存的浪费
- 过程（工序）浪费
- 动作的浪费
- 产品缺陷的浪费

生产系统分析——生产系统浪费

寻找浪费的4M方法

MAN

- | | |
|--------------|-----------|
| 1)是否遵循标准 | 2)工作效率如何 |
| 3)有解决问题的意识吗？ | 4)责任心怎样？ |
| 5)还需要培训吗？ | 6)有足够经验吗？ |
| 7)是否适合于该工作？ | 8)有改进意识吗？ |
| 9)人际关系怎样？ | 10)身体健康吗？ |

生产系统分析——生产系统浪费

寻找浪费的4M方法

Machine

- 1)设备能力足够吗？
- 2)能按工艺要求加工吗？
- 3)是否正确润滑？
- 4)保养情况如何？
- 5)是否经常出故障？
- 6)工作准确度如何？
- 7)设备布置正确吗？
- 8)噪音如何？
- 9)设备数量足够吗？
- 10)运转是否正常？

生产系统分析——生产系统浪费

寻找浪费的4M方法

Material

- | | |
|-------------|-------------|
| 1)数量是否足够？ | 2)是否符合质量？ |
| 3)标牌是否正确？ | 4)有杂质吗？ |
| 5)进货周期是否适当？ | 6)材料浪费情况如何？ |
| 7)材料运输有差错吗？ | 8)加工过程正确吗？ |
| 9)材料设计是否正确？ | 10)质量标准合理吗？ |

生产系统分析——生产系统浪费

寻找浪费的4M方法

Methods

- 1) 工艺标准合理吗？
- 2) 工艺标准提高了吗？
- 3) 工作方法安全吗？
- 4) 此方法能保证质量吗？
- 5) 方法高效吗？
- 6) 工序安排合理吗？
- 7) 工艺卡是否正确？
- 8) 温度和湿度适宜吗？
- 9) 通风和光照良好吗？
- 10) 前后工序是否衔接？

生产系统分析——生产系统浪费

消除浪费的7种方法

工厂网络

按照统一目标设计的多家工厂可以更好的组织起来，并使经营更加经济

成组技术

成组技术单元减少了不同操作间的移动、等待时间和在制品库存以及所需员工的人数。

源头质量控制

不合格品不进入下一道工序，卡住源头，减少后道工序消耗在加工前道工序就已经不合格品上的时间

JIT生产

JIT意味着在必要的时候生产必要的产品，不要过量生产

均衡生产负荷

平衡生产流可以减少通常情况下由于计划不均衡所带来的反应,均衡车间生产负荷。

看板控制系统

看板控制系统使用符号设备管理JIT的物流。

最小化换模时间

换模工作划分为内部换模和外部换模。

生产系统分析改善

- 生产系统浪费
- 生产系统诊断技术
- ECRS原则
- 生产过程逻辑分析
- 生产过程改善

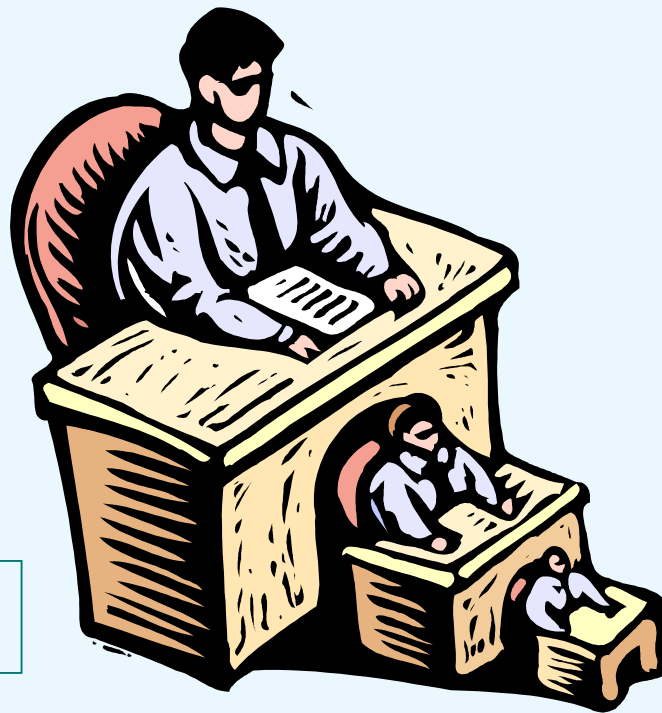
生产系统分析——诊断技术

诊断技术

工业工程分析

生产故障分析

瓶颈分析



生产系统分析——诊断技术

1. 工业工程分析

工业工程分析指工厂里从原材料至产成品这一连串的生产活动，对整个过程中个别过程进行分析改善的一种手法。

❖ 工业工程分析目的：

- ✓ 发觉作业者在作业中的实际移动情形；
- ✓ 发觉作业者的作业路线、方法、次数或负荷是否适当；
- ✓ 发觉作业者的动作、距离是否可以缩短；
- ✓ 发现是否有等待时间；
- ✓ 发现可否同时加工或检验；
- ✓ 发觉动作与相关的配置、顺序、组合是否适当。

❖ 工业工程分析意义：

- ✓ 探讨工程系列的组合是否适合于目的性、经济性；
- ✓ 探讨个别工程前后的关联性；

生产系统分析——诊断技术

2 . 生产故障分析

分析生产过程中导致系统故障的原因并加以改善。

部门别 _____				年 月 NO _____		
订 单 号 码		产 品 名 称		完成 日期	原 订 月 日	
					预 定 月 日	
故 障 原 因	<input type="checkbox"/> 停电 <input type="checkbox"/> 待物料 其他: <input type="checkbox"/> 机械 <input type="checkbox"/> 人力足 <input type="checkbox"/> 等原料 <input type="checkbox"/> 品质异常					
对 策						
批 示				生 管 室 意 见		

生产系统分析——诊断技术

3. 瓶颈分析

瓶颈分析即探索企业运作过程中的薄弱环节。

瓶颈

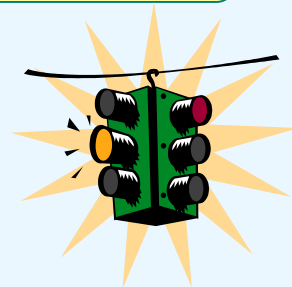
瓶颈是指实际生产能力小于生产负荷的一切资源，它是系统内部制约产销率的约束因素，是制造过程中流量最小的地方。

非瓶颈

非瓶颈是指实际生产能力大于生产负荷的一切资源。

次瓶颈

利用率已接近实际生产能力，并且如果作业计划制定的不太好就可能成为瓶颈资源。



生产系统分析——诊断技术

3 . 瓶颈分析

X是瓶颈，Y是非瓶颈。X和Y的可用时间都是200小时 / 月，市场需求分别为200；产品在X上的加工时间是1hr/件，在Y上为45分钟。X与Y的生产能力分别200件与246件（200小时内）。

A)



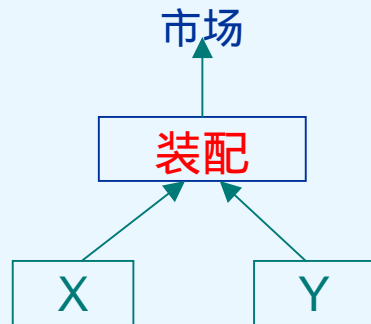
200单位产品
(200小时)

200单位产品
(150小时)

X利用率为 $200/200=100\%$

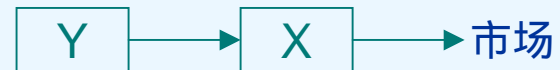
Y利用率为 $150/200=75\%$

C)



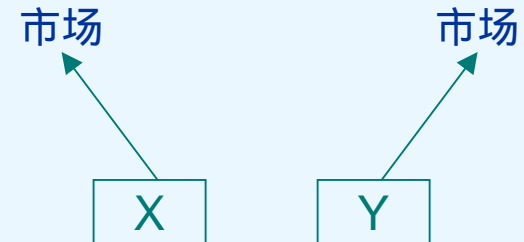
Y只能利用75%的产能，
否则就会积累零部件

B)



Y只能利用75%的产能，
否则会在X与Y间出现在制品

D)



Y只能利用75%的可用时
间，否则就会产生完工
产品库存

生产系统分析——诊断技术

3 . 瓶颈分析

工序负荷比较法

机床M1——M5：
产品沿着M1流到M5；

生产负荷如下：

M1：生产能力的130%；
M2：生产能力的120%；
M3：生产能力的105%；
M4：生产能力的95%
M5：生产能力的85%

M1，M2和M3任务过载，计划作业量超过其生产能力。

分析修正

生产负荷如下：

M1：生产能力的110%；
M2：生产能力的115%；
M3：生产能力的105%；
M4：生产能力的90%
M5：生产能力的85%

非瓶颈工序

1.M1前面有大量的库存
2.物料单有误
3.工艺路线记录有误

M2情况最为严重，M2为此生产过程的瓶颈

M1，M2和M3的能力还是不足！

合创辉煌管理技术服务有限公司

运用有关工厂的专门知识，考察系统的运行，并与管理人员和工人交谈



生

- 取消所有可能的工作、步骤或动作；
- 减少工作中的不规则性；
- 除必须的休息外，取消工作中一切怠工和闲置时间。

—ECRS原则

用“5W1H”提问，对有关方法和程序进行取消、合并、重排、简化。

逐项提问，并取消、合并、重排、简化。

- 对于多个方向突变的动作合并，形成一个方向的连续动作；
- 实现工具的合并，控制的合并和动作的合并。

5W1H提问

- ❖Why：为什么要这么做？
- ❖What：目的，对象是什么？
- ❖Where：为什么在此处做，有更合适的地方吗？
- ❖When：为什么在此时做，有更合适的时间吗？
- ❖Who：为什么要此人做，有更合适的人吗？
- ❖How：这项工作是怎样进行的？有没有更好的方法？成本如何？

ECRS四大原则

- (1) 取消 (Elimination)
对任何工作首先要问为什么要做它？能否省去不做？
- (2) 合并 (Combination)
如果工作或动作不能取消，则考虑能否与其他工作合并
- (3) 重排 (Rearrangement)
对工作的顺序进行重新排列
- (4) 简化 (Simplification)
指工作内容、步骤、设备、工具的简化，亦指动作的简化，人力、时间、费用的节省。

生产系统分析改善

- 生产系统浪费
- 生产系统诊断技术
- ECRS原则
- 生产过程逻辑分析（程序分析）
- 生产过程改善

生产系统分析——逻辑分析

定义

对现有的或拟议的工作（加工、制造、装配、操作）方法进行系统的记录和严格的考查，作为开发和应用的更容易的、更有效的工作方法，以及降低成本的一种手段。

目的

- 改进工艺和程序
- 改进工厂、车间和工作场所的片
面布置
- 改进整个工厂和设备的设计
- 改进物料、机器和人力的利用
- 减少不必要的疲劳
- 改善工作环境



生产系统分析——逻辑分析



生产系统分析——逻辑分析

逻辑分析总揽

作业类型	例子	记录技术
整个制造过程	从原料投产到任务调度和产品生产，包括：准备到检查，产品接收，包装和发运	工艺程序图；流程程序图；流程图解（线路图、线图）
工厂平面布置：物料的移动	某零件经全部加工工序的移动 某零件在某工序间的移动	工艺程序图；流程程序图、线路图、线图（物料型）
工厂平面布置：工人的移动	给某种机械或设备供应某零件的工人	流程程序图（人型线路图）
物料搬运	物料进出仓库，成本装车	流程程序图，线路图
工作场所平面布置	钳工台上轻便装配工作，手工排序	流程程序图、双手操作图、联合作业分析
集体作业或自动化工序	装配线，操纵半自动车床的工人	联合作业分析，流程程序图（设备型）
工人在工作时的动作	短循环重复工作的工人，要求高超手艺的操作	动作分析、人机程序图

生产系统分析——逻辑分析

1、程序分析

工艺流程图

工艺流程图(Operation process chart)以规定的图形符号代表生产产品或提供服务的作业工序和检验工序，将活动过程中这2项工序的序列关系描述成流程图的形式，并注明各道工序的名称和所需的材料，可标出时间与地点。



在一定地点进行的加工作业工序



检验（数量与质量）工序

工艺流程图的惯例

- （1）横线表示原材料从哪里进入加工过程；
- （2）竖线表示加工过程的顺序步骤；
- （3）流动顺序自左至右、自上至下



垂直线表示工艺流程的程序，操作、检验符号画在垂直线上，符号之间用垂直短线连接。

水平线代表材料及零件的投入、投入线由左向右

在操作或检验符号的右

工艺流程图内容

- 1.含有工艺流程的全面概况及各工序之间的相互关系，并根据工艺顺序编制，且表明所需时间
- 2.各项操作及检验的内容及生产线上工位的设置
- 3.能清晰地表明各种材料及零件的投入
- 4.包含各生产过程的机器设备、工具、工作范围、所需时间、人数及顺序

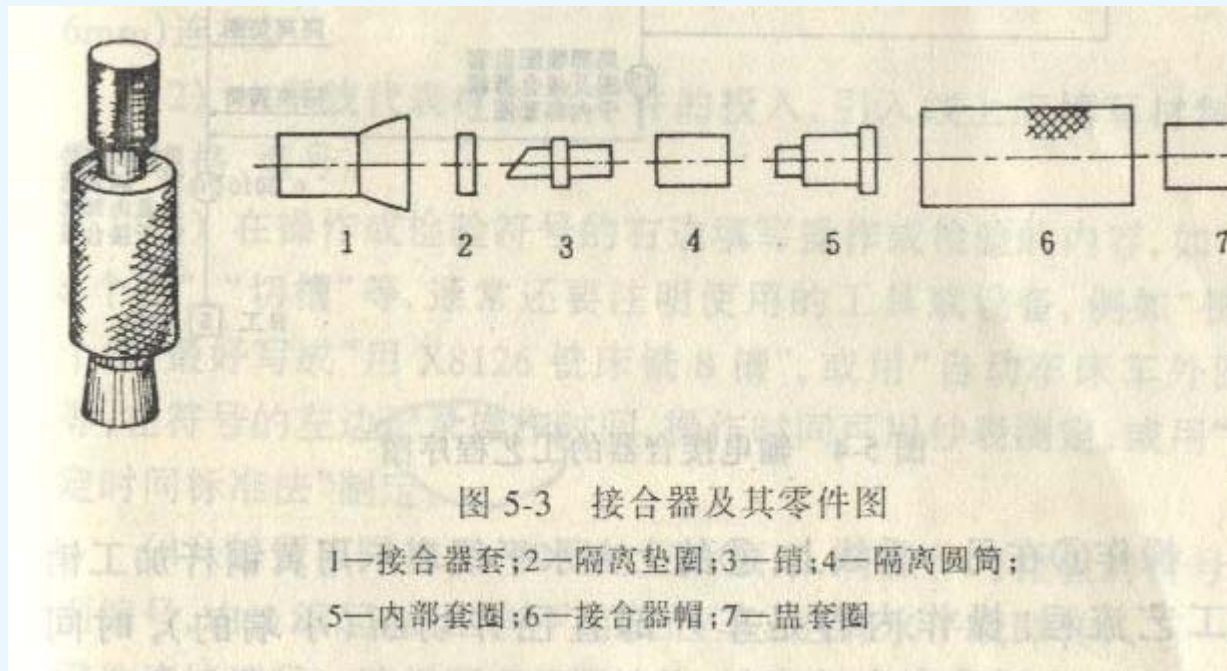
工艺流程分析

种类	单一型	组装型	分解型	复合型
说明	由一种材料做成一种产品	有多种材料组装成一种产品	由一种材料分解成多种产品	主程序外插入外加工作业
图例				
实例	机械加工	成品组装	石油裂解	主生产线与附属生产线

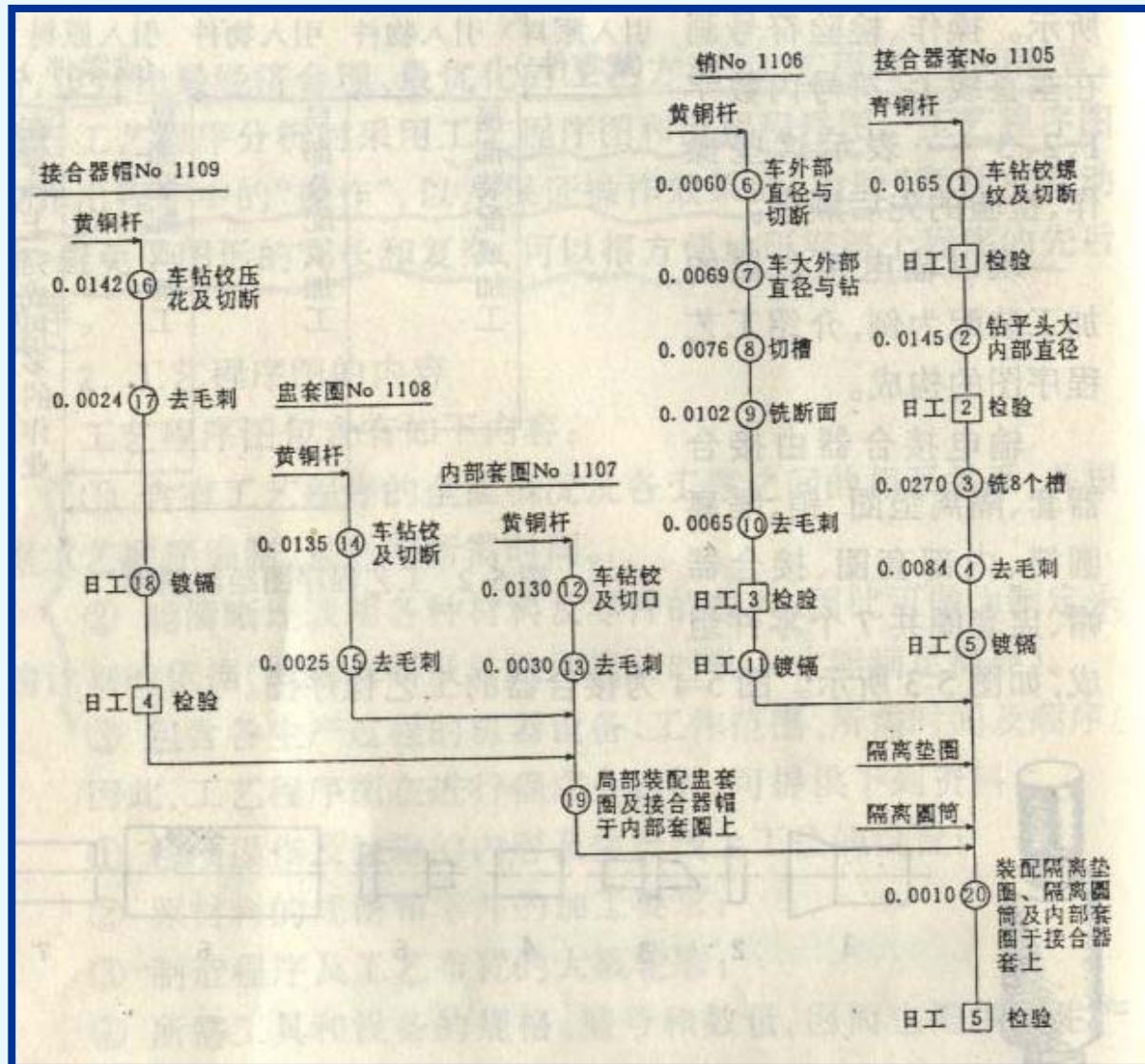
按照实际加工、装配的先后顺序，将操作与检验的符号分别编号，从上至下，自右向左，遇有水平线即转入下一个零件连续编号。编号写在符号内

生产系统分析——逻辑分析

工艺程序图分析案例



生产系统分析——逻辑分析



生产系统分析——逻辑分析

1、程序分析

流程程序图分析

❖定义：程序分析以整个作业过程为对象，研究分析一个完整的作业过程，从第一工作地到最后一个工作地有无多余或重复的作业，程序是否合理，搬运是否太多，等待是否太长等，进一步改善工作程序和工作方法。






❖目的

- 取消不必要的、有潜在问题的程序（工艺、操作、动作）
- 合并一些过于细分或重复的工作
- 找出停止、等待、空闲、白干的工时
- 把握作业顺序，各工序的大约时间以及工序的平衡状态
- 改变部分操作程序，以避免重复
- 调整布局，以节省搬运
- 重排和简化剩余的程序，重新组织一个效率更高的程序

生产系统分析——逻辑分析

流程程序分析

基本符号

序号	符号名称	符号	符号含义	备注
1	操作		表示对作业对象进行加工，装配，合成，包装，处理等	
2	搬运、移动		表示对作业对象进行搬运，运输，输送等；或作业人员作业位置的变化	
3	检验		表示对作业对象进行数量或质量检验，或对某种操作执行情况的检查	质量检验可用表示
4	暂存、等待		表示作业对象在工作地附近的临时停放或等待	
5	储存		表示作业对象在保管场地有计划的存放	

生产系统分析——逻辑分析

流程类型：

- (1) 直线型（如零件加工线）；
- (2) 装配型；
- (3) 分解型（拆卸过程）

流程分析的基本观点：将所有活动分为附加价值和不附加价值（浪费）活动。**浪费活动**是指只指出费用和时间，不向产品中附加价值的活动。只有加工作业附加价值，而其他活动不附加价值，应尽可能精简。

流程分析方法：

- (1) 主体分析
- (2) 辅助分析

生产系统分析——逻辑分析



主体分析：对生产过程整体性分析。通过对现场观察与调研，采用相应的符号对事实进行记录，然后采用四大技巧（ECRS）进行分析与改造。特别要重视不附加价值的活动，采取措施尽可能减少，是生产流程更加合理，缩短产品生产周期，降低生产成本

辅助分析：

（1）**产品分析：**对产品结构、功能、加工顺序及各部分的配合程度进行分析，改进或简化结构，减少零件数量，节约原材料，使生产加工更容易进行。在主体分析前或同步进行。

（2）**原材料、零部件分析：**价值分析。分析采用的材料、零部件是否合适；是否有价格低廉的代用品；外构件的质量是否能保证；原材料的利用率；贮存方式是否何以改进。

（3）**检验分析：**检验工具与仪器精度是否合理？检验项目是否合理？

（4）**加工工具分析：**设备精度是否合理？加工要求是否明确？（尽可能不购置使用率不高但昂贵的设备）

生产系统分析——逻辑分析

辅助分析：

(5) 搬运分析：研究现有过程中物料的搬运情况，收集分析现有情况的数据，研究是否可以合理的安排场所，使用适当的搬运设备，更恰当地安放物品，以减少搬运距离和费用。

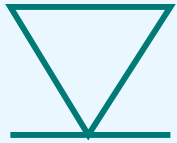
搬运费用比率：生产过程中搬运费用占产品总成本之比

$$\text{搬运费用比率} = \frac{\text{搬运费}}{\text{总成本}} \times 100 \%$$

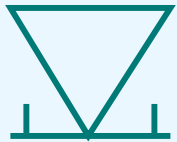
搬运重量比率：生产过程中累计搬运重量与产品总重量之比

$$\text{搬运重量比率} = \frac{\text{累计搬运重量}}{\text{产品重量}} \times 100 \%$$

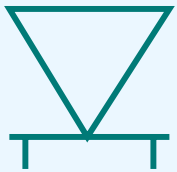
生产系统分析——逻辑分析



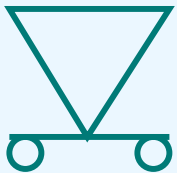
1分 简单的堆积



2分 物料放在容器中



3分 可以直接用插车
举起搬运



4分 装在车上



5分 本身可以移动

安放活动系数：物品安放状态对于以后取它时的难易程度有很大的影响。物品放置后再移动的容易程度叫安放活动系数(Liveness)。采用5分制平分，得分称为活性系数。

生产系统分析——逻辑分析

流程程序图示例：车长轴



车床工人工作范围示意图



合创辉煌管理技术服务有限公司