

生产运作与管理

目录

第 1 章 导论	2
1.1 生产运作管理.....	2
1.2 生产类型.....	7
1.3 生产过程管理的要求.....	12
1.4 生产/运作管理的历史发展.....	14
第 2 章 生产运作战略	16
2.1 运作战略概述.....	16
2.2 运作战略制定.....	18
2.3 生产过程设计.....	20
2.4 零件移动方式.....	24
第 3 章 产品/服务设计和技术选择	27
3.1 引言.....	27
3.2 产品设计与开发过程.....	30
3.3 产品设计与开发的组织方法.....	33
第 4 章 生产/服务设施选址与布置优化	37
4.1 选址决策.....	37
4.2 设备/设施布置决策.....	41
4.3 选址与布置决策的定量分析.....	46
4.4 装配线平衡.....	53
4.5 服务设施布置.....	56
第 5 章 需求管理与生产计划	58
5.3 生产能力的确定.....	67
5.5 生产计划制订的方法.....	73
第 6 章 独立需求库存控制	79
6.1 库存及其作用.....	80
6.2 库存问题类型及控制策略.....	81
6.3 单周期库存问题的基本模型.....	84
6.4 确定型均匀需求库存问题的基本模型.....	87
6.6 不确定型库存问题基本模型.....	96
第 7 章 物料需求计划	99
7.1 MRP 的产生与基本思想.....	99
7.2 MRP 的基本原理.....	100
7.3 MRP 应用中的几个关键参数.....	103
7.4 MRP 的发展.....	106
7.5 配送需求计划.....	109
第 8 章 制造业作业计划与控制	110
8.1 生产作业计划.....	110
8.2 流水车间作业排序.....	114
8.3 异序车间作业排序.....	119

8.4 生产作业控制	124
第9章 服务业运作计划与管理	126
9.1 服务运作管理的特点	126
9.2 服务质量及其管理	129
9.3 人员班次计划	131
9.4 服务业的控制	136
第10章 供应链管理	138
10.1 供应链管理思想的提出	138
10.2 供应链系统设计	140
10.3 供应链协调管理策略	143
10.4 供应链合作伙伴关系管理	146
10.5 供应链管理下的物流管理	148
第11章 无库存生产方式	149
11.1 JIT 与无库存生产方式	149
11.2 推进式和牵引式生产系统	152
11.3 看板控制系统	153
11.4 组织无库存生产的基本条件	156
11.5 价值流图	160
第12章 约束理论	162
12.1 约束理论的产生与基本思想	162
12.2 约束理论的绩效评估方法	164
12.3 DBR 系统	170
12.4 基于约束理论的生产企业分类	174
12.5 关键链项目管理	177
第13章 项目管理	182
13.1 项目管理概述	182
13.2 项目计划	185
13.3 项目进度计划——网络计划技术	186
13.4 项目计划的优化	196

第1章 导论

本章重难点分析

- 一、掌握生产运作的概念、内容和目标
- 二、领会制造业企业和服务业企业的生产分类和生产类型划分
- 三、辨析不同生产类型的特点及运作管理的重点
- 四、了解生产运作管理的发展历史

1.1 生产运作管理

- 一、生产运作的含义

1. 生产运作的概念

【生产运作】是指将一系列的输入按照特定的要求转化为一定输出的过程。

人们习惯称提供有形产品的活动为制造型生产，如农业、工业、采矿业等产业的生产活动，而将以提供服务为主的活动称为服务型生产，如银行、金融、公共事业、医疗卫生、商业、教育、运输、通信及其他各种以服务为主的活动。

本书采用“生产运作”这一术语，用以表示包括有形产品的生产和为消费者提供服务的活动。

系统	主要输入	资源	主要转化过程	典型输出
医院	病人	医生、护士、药品、医疗设施等	治疗	康复的病人
餐馆	顾客	粮食、餐具、厨具、调料等	烹调食物，提供用餐服务	顾客用餐的满意度
商店	顾客	房屋、柜台、售货员、展示窗等	吸引客户，售货与服务	销售服务
汽车制造厂	钢材、发动机零部件等	工具、技术人员、生产设备、技术图纸、厂房等	零件加工，汽车装配	高质量的汽车
大学	高中毕业生	教师、教室、实验室、图书馆、计算机等	教学	受过教育的人才
航空公司	旅客	飞机、空服人员、飞行员、机场及地勤人员等	飞向目的地	安全、准时到达终点

2. 生产运作职能

企业的运行有三大基本职能，即生产运作、理财和营销。其中，生产运作是最基本的职能。

生产运作活动能够创造社会所需要的产品和服务。

理财就是为企业筹措资金并合理地运用资金。

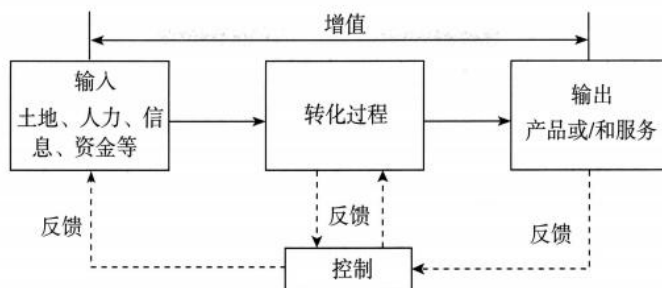
营销就是要发现与发掘顾客的需求。

3. 生产运作系统

完成输入到输出的转化过程需要一个物质基础，这就是生产运作系统，或简称为生产系统。

生产系统是由人和机器构成的、能将一定输入转化为特定输出的有机整体。

使转化过程具有增值性是生产系统的基本功能。



增值是描述输入系统的成本与系统输出所形成的价值之间的差额。

不管是什么性质的组织或团体，增值越多，说明其生产系统运行的有效性越高。

二、生产运作管理的内容

1. 生产系统设计

【生产系统设计】主要是对用于生产的各类设备设施的选址（包括工厂、配送中心、门店等的选址）、能力规划、部门布置、产品和服务计划、设备布置等的决策过程。

生产系统设计一般是在新建或改建、扩建生产单位或营业场所时进行的。

生产/服务设备与设施的布置直接影响产品成本和生产周期。设施布置不合理，一方面导致厂内物料搬运成本高，另一方面也导致生产周期长，结果是削弱了企业的竞争能力。

生产过程是物流、信息流和资金流三种基本的“流”运动的综合，核心是物流过程的设计。

（1）物流

产品制造过程中的物流是指原材料、外购件、半成品、零件、部件及毛坯，从采购、加工、检验、装配、实验、存储、搬运直到产品出厂运输全过程中的物料移动过程与性质。

该过程是物料经过一系列工序的加工（或各种形式的处理）变为成品，然后销售出去的过程，既是物质形态（物理）及性质（化学）的变化过程，也是价值形成的过程。

生产过程是物流、信息流和资金流三种基本的“流”运动的综合，核心是物流过程的设计。

（2）信息流

信息流反映物流的动态，追踪和控制物流的运动。零件图纸、计划报表、工票、各种台账、单据和统计报表等信息反映着物流流动的过程。

信息流中的信息分两种：一种是起指挥、调节作用的前馈信息，超前于物流，如各种各样的生产计划；另一种是反映物流状态的反馈信息，滞后于物流，如各种各样的统计报表。缩短信息流与物流之间的时间差，是生产系统中管理信息系统设计的重要目标。

（3）资金流

资金流反映物流的增值状态，要尽可能降低成本、提高运作效率，通过生产系统的合理组织实现资产的增加。

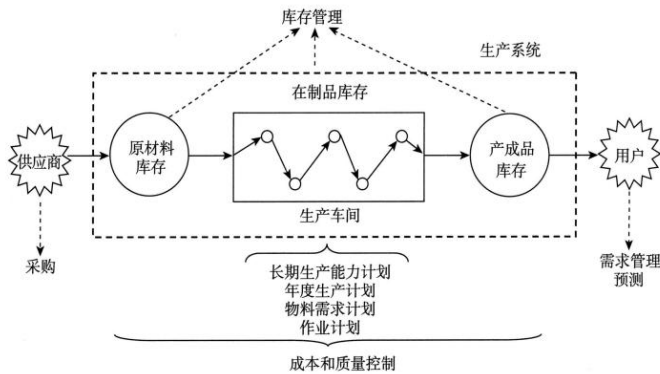
2. 生产系统运行管理

【生产系统运行管理】主要是对长期、中期、短期生产活动的计划、组织和控制。

具体内容主要包括市场预测、需求管理、编制生产计划和能力计划、库存控制、成本控制、人员调配、作业调度、质量保证等方面。

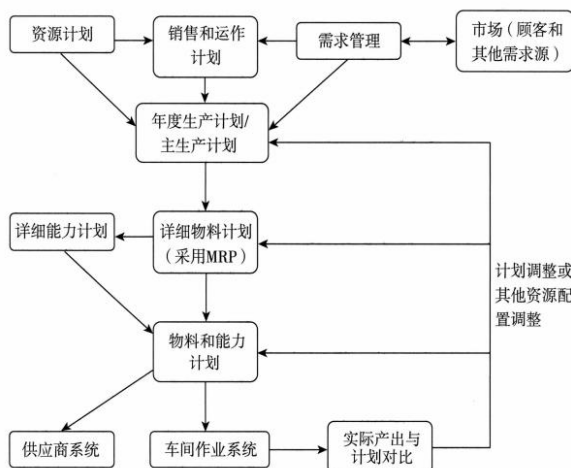
决策内容		要解决的基本问题
生产系统设计	产品和服务	改进和提高产品质量及服务水平的途径
	流程选择	企业应采取的生产流程
	能力需求	中、长期生产能力需要量, 最优地满足能力要求的方案
	系统设施布置	部门、设备、生产流程及仓储的最佳配置
	工作设计	调动员工积极性的最佳方法, 提高生产率的措施
生产系统运行管理	厂址选择	工厂、仓库、分销中心或商店的选点布局
	总体生产规划	中、长期生产任务, 对生产能力的长期需求
	库存管理	订货批量的大小, 订货时机, 重点管理的物料
	物料需求计划	何时、何部门需要何种原材料、零件、产品
	作业计划	最优作业顺序及时间安排, 负荷测定, 生产设备、设施配置
	项目管理	影响项目工程周期的关键因素, 项目的目标制定及管理, 资源管理
	物料管理	原材料及外构件的采购、供应商管理、仓储、运输、保管及配送
质量控制	建立质量保证体系, 质量管理标准的建立与实施	

生产运作管理的职能是从生产系统设计和运行管理两个方面入手, 从人员、工厂、物料、生产流程、生产计划与控制、规章制度六个方面对生产要素进行优化配置, 使生产系统的增值最大化。



三、生产计划与控制系统

在实际企业管理中, 生产运作管理要素是通过一个完整的系统有机结合起来的, 通常人们称之为生产计划与控制系统。



四、生产运作管理的目标

生产运作管理的目标就是要使输出要素（产品或服务）在交货期、质量、成本、柔性和服务等几个方面都取得最优效果。

1. 确保交货期

信守交货期可以赢得用户的信任，进一步扩大销售量，同时也可使企业严格按生产计划进行生产活动，保持生产活动的稳定状态，从而减少生产作业中的浪费，提高工作效率。

生产运作管理的目标就是要使输出要素（产品或服务）在交货期、质量、成本、柔性和服务等几个方面都取得最优效果。

2. 减少在制品占用量

减少在制品占用量，可以减少流动资金的占用，加速资金的周转，并可把生产过程中存在的问题暴露出来，有利于问题的解决。

生产运作管理的目标就是要使输出要素（产品或服务）在交货期、质量、成本、柔性和服务等几个方面都取得最优效果。

3. 提高生产效率

提高生产效率主要是提高人与设备的工作效率。其主要措施是缩短加工过程中的物流路线，合理地规划工厂布置与车间内的设备平面布置，减少生产准备时间和作业时间，减少生产储备等。

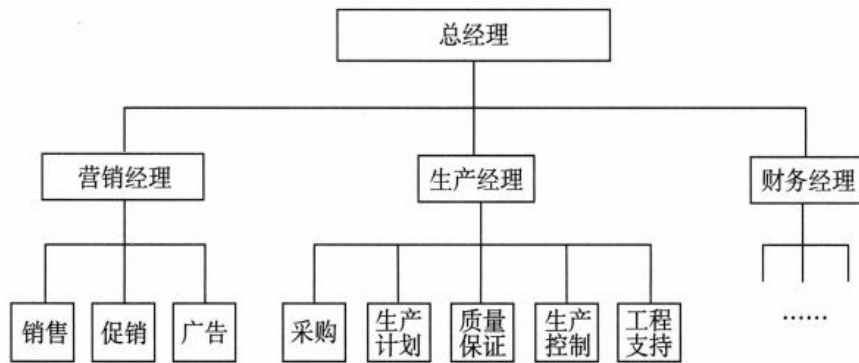
4. 降低生产成本

降低生产成本是生产运作管理的重要目标。生产成本不是在最终核算出来的，而是在生产过程中形成的，只有提高生产运作管理中对成本的控制水平，才能确保降低成本。

5. 提高质量

质量是一切企业的生存之本。生产运作管理的目标之一，就是要保证生产过程中每一个环节的工作都能够满足提高质量的要求，通过强有力的生产运作管理，将提高质量的目标落实到具体的运作过程。

五、生产运作管理职能在企业组织结构中的地位



讲解归纳与举例

例：【单选题】社会组织的三项基本职能不包括（ ）

- A. 生产运作
- B. 人力资源
- C. 理财
- D. 营销

【答案】B

【解析】企业的运行有三大基本职能，即生产运作、理财和营销。其中，生产运作是最基本的职能。

例：【判断题】设计生产运作系统不需要考虑增值的问题。

【答案】错

【解析】使转化过程具有增值性是生产系统的基本功能。

1.2 生产类型

一、制造业企业生产类型的划分

1. 按生产工艺特点划分的生产类型

按生产对象在生产过程中的工艺特点，可把企业生产类型分为连续性生产和离散性生产。

1) 在连续性生产过程中，物料均匀、连续地按一定工艺顺序运动，如化工（塑料、药品、肥皂、肥料等）、炼油、冶金、冲洗胶片等，也称流程式生产。

2) 在离散性生产过程中，产品是由离散的零部件装配而成的，零部件以各自的工艺过程通过各个生产环节，物料运动呈离散状态，如汽车、柴油机、电视机、洗衣机等。这类制

成品都是先加工出零件，再将零件装配成产品，所以又将其称为加工—装配式生产。

2. 按产品定位策略划分的生产类型

根据用户对产品的需求特性，按照产品定位策略可把企业生产类型分为备货型生产（MTS）和订货型生产（MTO）。

1) 备货型生产 MTS 是企业 在市场需求（现实需求和潜在需求）预测的基础上，有计划地进行产品开发和生产，生产出的产品不断补充成品库存，通过库存随时满足用户的需求。

MTS 企业的产品具有以下特点：由生产者进行产品的功能开发与设计；一般为标准产品或产品系列，且品种有限；产品价格由生产者根据市场情况事先确定；产品生产批量很大。

汽车、轴承、标准件、电冰箱、电视机等产品是典型的 MTS。

2) 订货型生产 MTO 是企业根据用户订单组织产品的设计和生产，用户按自己的需要，可能在产品结构及性能方面提出各种各样的要求，经过双方协商，以合同的方式确定下产品的品种、性能、数量及交货期等方面的内容，企业分别在设计、制造、装配、安装调试服务方面组织生产。

MTO 企业的产品具有以下特点：产品完全按照用户订单生产，一般没有自己的标准产品；产品价格 在订货时由双方商定；交货期是组织生产的重要依据。

船舶、汽轮机、特种汽车、特型服装等属于 MTO。

3. 按产量策略划分的生产类型

根据产品生产的重复程度和工作地的专业化程度，可以把企业生产类型分为大量生产、成批生产和单件小批生产类型。

产品生产的重复程度是指一个企业在一定时期内（如一年或一个季度）重复生产同一种产品的频率。

工作地是劳动者从事劳动的场所，工作地专业化程度是指一个工作地的操作者从事同样操作内容的重复程度。

1) 大量生产

大量生产，又可称重复性生产，生产的产品品种单一，产量大，产品生产重复程度高，美国福特汽车公司曾长达 19 年始终坚持生产 T 型车一个车型，是大量生产的典型例子。

由于产品长期重复生产，这在生产上有可能按每一种零件编制详细的工艺规程，并且适合于采用高效自动化或半自动化专用设备，组织流水生产。

属于大量生产类型的企业，由于同一种产品或类似产品生产量大、工艺过程固定，因此可以按加工对象布置车间的设备，实现流水生产。对于大量生产，其生产管理的重点应是流

水线的工程设计和生产计划制订。

组织流水作业。要制订稳定而长期的生产能力计划，满足企业对产能的需求。

制订周密的生产计划，保证流水生产的连续性。

保证原材料供应及时。

实行设备的计划修理，严格操作规程，确保产品质量。

2) 成批生产

成批生产的特点是产品品种较多，每一种产品都有一定的产量，各种产品在计划期内成批轮番生产。由于成批生产的产品品种较多、产量又不大，因此不能像大量生产那样广泛采用专用设备，只能根据技术要求部分地采用专用设备。成批生产的例子有机床厂、中小型电机厂等。

成批生产的管理重点如下：

车间布置以工艺原则为主，尽量组成结构与工艺相似的零件，采用成组加工，组成成组流水线。

制定经济合理的加工批量，力求生产总的费用（设备调整费与在制品库存费）最低、停顿等待时间最短。

合理分配生产能力，并留有余力。

减少产品更换时的生产准备时间，包括设备调整时间、工装夹具更换时间、原材料供应时间等。

加强在制品控制。

3) 单件小批生产

单件小批生产的特点是生产的产品品种繁多，每种产品生产数量很少，有时就是一件，生产重复程度很低，通常只采用通用设备。由于工作地专业化程度很低，手工操作比重大，因而产品生产周期长、生产成本低、产品质量不易保证。单件生产的例子有船舶制造、重型机床制造及某些专用设备的生产等。

单件小批生产管理重点如下：

确定合理的交货期，提高履约能力。

建立适应订货变动的生产体制，增加生产能力的柔性。

提高零部件的标准化与通用化水平。

项目	生产类型		
	大量生产	成批生产	单件小批生产
产品种类	在一定时间内, 固定生产某一种或少数几种产品	产品品种有数十种	产品不固定
工作地专业化程度	每个工作地固定完成 1~2 种零件或工序, 专业化程度高	每个工作地按期轮番生产, 专业化程度不高	每个工作地完成多种产品的生产, 专业化程度很低
设备及其布置	采用专用设备, 设备按产品工艺过程布置	一部分设备按机群式布置, 一部分设备按工艺过程布置	通用设备, 按机群式布置
工艺装备	采用专用工装	部分采用专用工装, 主要为通用工装	通用工装
生产对象移动方式	平行移动, 少数用平行顺序移动	平行顺序移动	顺序移动
工艺过程的拟定	按每道工序详细拟定零件的加工工艺, 制定工序卡片	按零件制定加工工艺, 编制工艺过程卡	按每项订货任务拟定加工工艺
产品周期	短	较长	长
作业的弹性程度	小	较大	大
生产管理的重点	流水线的工程设计和生产计划制订	合理地确定批量、组织好轮番生产	确定合理的交货期, 提高履约能力; 建立适应订货变动的生产体制, 增加生产能力的柔性; 提高零部件的标准化与通用化水平

二、服务业企业生产类型的划分

服务业主要是以提供服务为主, 虽然有一些人与产品直接接触, 但更多的人都是从事接触产品之外的工作, 与顾客打交道是其与制造业的最主要区别。

1. 服务业的运作特点

- 1) 与顾客直接接触
- 2) 以提供服务为主
- 3) 生产与消费的统一性
- 4) 不可存储性
- 5) 竞争激烈
- 6) 劳动密集性
- 7) 开放性

2. 服务业的运作分类

按照服务型生产系统输出(提供)服务过程中是否伴随着有形产品, 可将服务业的运作类型分为纯服务型生产和一般服务型生产。前者如咨询服务、教师讲课, 后者如批发、零售、邮政、运输服务等。

按照生产系统输出(提供)服务过程中顾客是否参与, 可将服务业的运作类型分为顾客参与的服务型生产和顾客不参与的服务型生产。前者如医生给病人看病、理发师给顾客理发等, 后者如修理手表等。

提供有形产品和服务	提供纯服务	
邮政 图书馆 批发与零售, 如 电视机 收音机 手表 空调	顾客不参与的服务, 如 设计建筑图 城市规划 汽车修理	顾客参与的服务, 如 医疗保健 理发 导游 财务顾问 法律顾问

三、服务业与制造业运作管理上的特点比较

按照服务内容的标准化和个性化程度，可以将制造型生产与服务型生产做对比，从中可以发现其存在的共同点，

生产特征	制造型生产	服务型生产
产量极低，生产周期很长的产品或服务	工程项目：桥梁建设、水坝建设	工程项目：计算机软件开发、筹备大型宴会、翻译著作
产量低，生产周期短的产品或服务	单件生产：造船、重型机床制造	单件生产：汽车修理、医疗、邮政专递、包租汽车旅游
批量生产	成批生产：在若干产品中轮番生产	分组服务：安排飞机或汽车班次、举办音乐会
大批量、离散型标准产品生产	大量生产：灯泡、汽车、电视机、电冰箱制造	标准服务：快餐供应、标准保险、干洗店以及大宗商品批发、零售
连续性生产	流程生产：化工、石油、冶金、造纸	(无直接比较)

但是，服务型生产的运作管理与制造型生产的运作管理相比还是有很大不同，突出表现在以下四个方面。

1) 服务型生产的生产效率难以测量，因为服务型生产的输出是无形的。

2) 服务型生产的质量标准难以建立，服务质量难以评价。

3) 顾客参与是服务型生产的一个重要内容，有时顾客就是生产系统的一个组成部分(如自助式快餐)，使得生产(服务)过程难以控制，因此这种参与往往会使生产效率降低。

4) 制造型生产可以通过增加或减少库存来处理由需求变化引起的波动，但服务型生产不能通过库存来调节。

讲解归纳与举例

例：【单选题】() 是典型的 MTS 生产

- A. 船舶
- B. 汽轮机
- C. 汽车
- D. 特型服装

【答案】C

【解析】汽车是 MTS，船舶、汽轮机、特种汽车、特型服装等属于 MTO。

例：【简答题】请简述成批生产的管理重点。

【参考答案】

车间布置以工艺原则为主，尽量组成结构与工艺相似的零件，采用成组加工，组成成组流水线。

制定经济合理的加工批量，力求生产总的费用（设备调整费与在制品库存费）最低、停顿等待时间最短。

合理分配生产能力，并留有余力。

减少产品更换时的生产准备时间，包括设备调整时间、工装夹具更换时间、原材料供应时间等。

加强在制品控制。

例：【多选题】属于纯服务型生产的有（ ）

- A. 咨询服务
- B. 教师讲课
- C. 零售
- D. 邮政
- E. 运输服务

【答案】AB

【解析】按照服务型生产系统输出（提供）服务过程中是否伴随着有形产品，可将服务业的运作类型分为纯服务型生产和一般服务型生产。前者如咨询服务、教师讲课，后者如批发、零售、邮政、运输服务等。

1.3 生产过程管理的要求

一、生产过程的概念

生产过程包括劳动过程和自然过程。

劳动过程是利用劳动手段作用于劳动对象，使之成为产品的全部过程。

自然过程是借助于自然力，改变加工对象的物理和化学性能的过程，如化工产品的化合作用、制造厂铸件的自然冷却等。

服务业企业的生产过程与上述内容类似，是指从接受顾客服务开始，直到完成顾客服务为止的全部过程。

二、生产过程的构成

1. 生产过程的要素结构

1) 物流过程

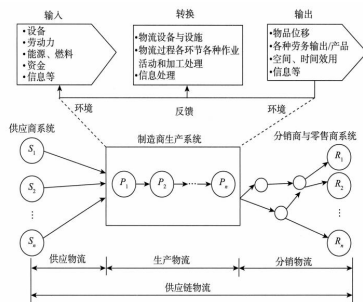
生产过程包括采购过程、加工过程（或服务流程）、运输（搬运）过程、仓储过程等主要环节。原材料经过这样一系列流程之后，就转换为市场所需要的产品。这一过程既是物料的转换过程和增值过程，也是一个物流过程。

2) 信息流过程

生产过程中的信息流是指在生产活动中，将其有关的原始记录和数据，按照需要加以收集、处理并使之朝一定方向流动的数据集合。

3) 资金流过程

生产过程中的资金流是以在制品和各种原材料、辅助材料、动力、燃料设备等实物形式出现的，分为固定资金与流动资金。



2. 生产过程的功能结构

按照生产过程组织的功能和承担的任务不同，可以将生产过程划分为基本生产过程、辅助生产过程、生产服务过程和附属生产过程。

1) 基本生产过程是指与企业的基本产品实体构成直接有关的生产过程。

2) 辅助生产过程是指为保证基本生产过程的实现，不直接构成与基本产品实体有关的生产过程。

3) 生产服务过程是指为保证基本生产过程和辅助生产过程正常进行的服务性生产活动，如原材料和半成品的供应、运输、配送、仓储管理等。

4) 附属生产过程是指利用企业生产主导产品的边角余料、其他资源、技术能力等，生产市场所需的不属于企业专业方向的产品生产过程。

三、生产过程组织的基本要求

1. 生产过程的连续性

生产过程的连续性是指产品生产过程的各个阶段、各个工序的活动是衔接的，加工对象

在整个生产过程中始终处于运动状态，很少或者没有停顿或等待现象。

2. 生产过程的平行性

生产过程的平行性是指生产过程的各个阶段、各个工序平行交叉进行。组织平行作业有利于缩短生产或服务时间。

3. 生产过程的比例性

生产过程的比例性是指各个工艺阶段之间、工序之间在生产能力与人员配置上均保持一定的比例关系。

4. 生产过程的均衡（节奏）性

生产过程的均衡（节奏）性是指产品在加工过程中，从投料到最后完工，在相等的时间间隔内生产的产品产量大致相等或递增，设备和生产工人经常保持均匀负荷，均衡地完成生产任务。

5. 生产过程的准时性

生产过程的准时性是指根据用户（下游工序也是用户）的需求，准时完成生产任务，既不延误，也不提前，在需要的时间按需要的数量提供需要的产品（或零件）。

6. 生产过程的灵活性

生产过程的灵活性是指生产系统对市场需求变化的迅速反应能力。

讲解归纳与举例

例：**【判断题】**“各个工艺阶段之间、工序之间在生产能力与人员配置上均保持一定的比例关系”指的是生产过程的连续性。

【答案】 错

【解析】“各个工艺阶段之间、工序之间在生产能力与人员配置上均保持一定的比例关系”指的是生产过程的比例性。

1.4 生产/运作管理的历史发展

第一阶段形成于 19 世纪末 20 世纪初

泰勒倡导科学管理运动，并写出了《科学管理原理》这一奠基性管理巨著，将过去依赖经验进行的生产管理活动上升到科学的高度。

弗兰克·吉尔布雷斯和莉莲·吉尔布雷斯夫妇的工作研究。

亨利·福特创建的装配流水线的生产组织方式。

亨利·甘特的作业计划与调度方法（甘特图）。

哈里斯提出的经济订货批量模型，也就是后来著名的 EOQ 模型。EOQ 模型的提出将定量分析方法应用到了企业的生产管理中。

第二阶段发生在 20 世纪 30 年代

沃特·休哈特和道奇提出了质量控制（QC）的方法，引入统计质量控制的概念，采用抽样检验的方法解决了质量控制的经济性问题。

乔治·埃尔顿·梅奥在著名的霍桑试验中建立的人际关系学，首次提出企业的工人不仅是经济人，而首先是社会人的观点，把对人性的认识提高了一步，为企业管理者如何调动人的积极性提供了理论指导。

第三阶段发生在 20 世纪 40 年代

这时的生产管理体系主要吸收了了在第二次世界大战中创立的资源优化理论与方法，形成了运筹学在企业生产组织过程中的应用体系。

第四阶段是 1950~1960 年这一发展时期

到了 20 世纪五六十年代，人际关系学、运筹学、质量管理学、设备管理学等逐渐形成自己的一套体系，整个管理学科也逐渐成形，这时的生产管理成为管理学科体系中的一个分支。

第五阶段是 20 世纪 70 年代

这一时期最大的特点，也是生产管理发展过程中一次质的飞跃——计算机开始进入企业的应用领域，最具代表性的就是 IBM 在 20 世纪 60 年代中期将计算机技术用于编制企业 MRP，研究出了著名的 MRP 系统。

第六阶段是 20 世纪 80 年代

这一时期出现在生产运作管理体系中的新的理论与方法包括准时生产制（JIT）、全面质量管理（TQM）、工厂自动化、制造战略、同步制造、精细生产、业务流程重构、供应链管理和电子化企业等。

进入 21 世纪以后，生产运作管理发展特点表现在如下几个方面

- 1) 发展柔性供应链，实现产品/服务的大批量定制生产。
- 2) 对全球性供应商、生产与分销网络的管理。
- 3) 通过“服务性工厂”创造新的竞争力。
- 4) 从服务性企业获得更好的服务，如物流服务等。
- 5) 构建基于时间的竞争运作管理模式。

讲解归纳与举例

例：【判断题】生产运作管理始于 20 世纪之后。

【答案】错

【解析】生产运作管理的第一阶段形成于 19 世纪末 20 世纪初。

第 2 章 生产运作战略

本章重难点分析

- 一、了解企业所面临的竞争环境特点和生产运作管理的重要性
- 二、领会运作战略的基本要点、方法等内容
- 三、掌握生产运作过程设计、生产单位的专业化形式及加工对象在生产过程中的移动策略

2.1 运作战略概述

一、全球竞争环境的变化

近年来，世界经济一体化的趋势越来越明显。新形势下的竞争又有许多不同于以往的特点。

1. 市场竞争国际化
2. 全球制造
3. 信息技术的应用
4. 制造资源短缺
5. 生态平衡与环境保护

二、运作战略的含义

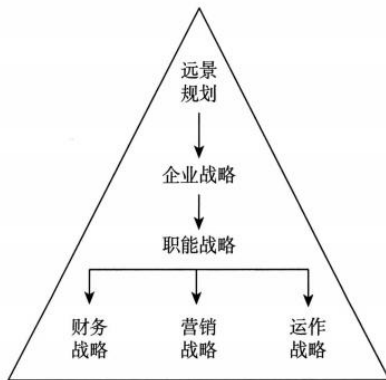
1. 运作战略

【战略】一般泛指重大的、带全局性的或决定全局的谋划。

【运作战略】也称生产战略，是指企业在其经营战略的总体规划下，决定选择什么样的生产系统、确定什么样的管理方式来达到企业的整体经营目标的对运作系统的整体谋划。

具体地说，运作战略就是对企业在产品/服务、生产过程、生产方法、制造资源、质量、成本、生产周期、生产计划、企业物流模式等方面的行动方案的选择。

企业战略是全局性的战略，而运作战略是职能战略。



2. 运作战略的主要内容

(1) 产品/服务的选择——对象决策

每一种产品/服务的特征都直接影响生产运作决策，产品/服务对象设计完成后，所有结构上的细节特征也就随之确定下来。

(2) 厂址（或零售门店）选择——企业生产/服务网络的布局决策

从价值链增值观点出发，以供应链管理为基点，确定最适宜的企业生产运作系统。

(3) 产品/服务-流程矩阵——生产类型和流程决策

确定构造何种类型的生产运作系统、需要开发什么样的产品生产技术和工艺流程，以及生产产品或提供服务所应遵循的作业流程等具体内容。

(4) 物流系统规划与布置（仓库、配送中心）——（产品/服务）过程组织决策

①企业内部物流系统（生产物流）设置与加工对象移动方式决策。②企业间物流系统（供应物流、分销物流）的设计与优化。

讲解归纳与举例

例：【判断题】运作战略属于全局性战略。

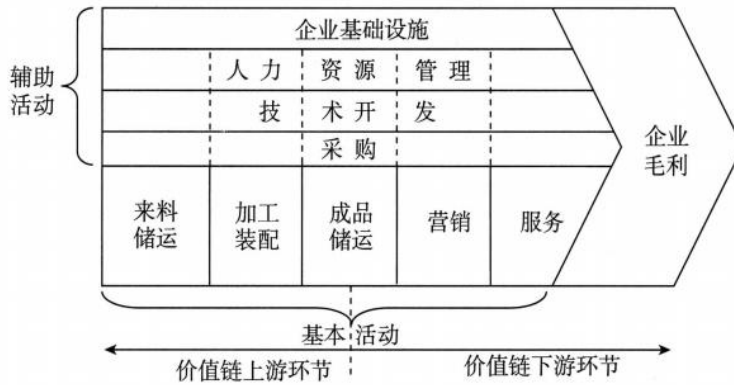
【答案】错

【解析】企业战略是全局性的战略，而运作战略是职能战略。

2.2 运作战略制定

一、价值链分析

【价值链】是指企业从创建到投产经营所经历的一系列环节和活动。



当今企业的价值链早已不是单个企业的问题了。它与企业的所有合作伙伴都有着重要关系，实际上这就是供应链管理。

二、制定运作战略的影响因素

1. 企业经营战略与市场定位

企业是选择标准产品的大批量生产策略还是选择个性化生产策略，都在不同程度上影响着企业选择什么样的生产和物流系统的问题，进而决定了其选择什么样的运作战略的问题。

2. 企业运作资源要素

- (1) 企业所具有的能力
- (2) 生产流程方式
- (3) 供应链网络

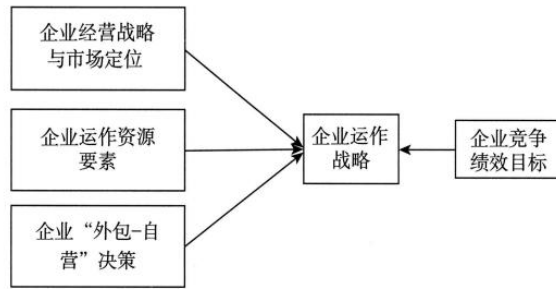
3. 企业“外包-自营”决策

随着社会专业化分工越来越细、服务越来越专业，在决定采用什么样的运作战略时，必须确定哪些业务是本企业承担的，哪些业务是外包给其他企业的。

4. 市场竞争绩效目标

- (1) 成本
- (2) 质量
- (3) 可靠性
- (4) 柔性

(5) 速度（时间）



三、制定运作战略的基点

1. 基于成本的竞争战略

低成本战略在进入一个新的市场的初期比较有效，可以依靠低成本进入市场，但是能否长期坚持，则要慎重考虑企业的长期发展战略及与之相应的运作管理模式。

2. 基于质量的竞争战略

在制定运作战略时，将质量置于形成企业竞争力的核心地位，其他管理活动都围绕这一核心来开展，就构成了基于质量的竞争战略。

3. 基于柔性的竞争战略

生产系统的柔性，就是生产系统以最短的时间、最低的成本从生产一种产品快捷地转换为生产另一种产品的能力。当生产系统从生产一种产品转为生产另一种产品的时间短得可以忽略不计时，多品种中小批量生产也可以取得大量流水生产的效果。

4. 基于核心竞争能力的战略

为了强化企业的核心业务，很多企业采取了将非核心业务外包的策略，而将有限的资源用于加强核心业务的竞争力。在制定运作战略时，往往会考虑如何选择外包的合作伙伴、如何提高核心业务的竞争力等方面的问题。这一战略又可称为基于外包的战略。

5. 基于生产集成化方式的竞争战略

(1) 纵向集成模式：是指当产品是由多种零部件装配而成时，企业自身从事相当大一部分零部件的直接生产和产品装配活动。

(2) 横向集成模式：是指一个企业把生产中的大部分零部件或者相关业务委托给其他企业，自己集中精力做好关键性的业务。

(3) 混合集成模式：纵向集成和横向集成的结合方式。

6. 基于时间的战略

基于时间的竞争战略重点考虑的是如何满足客户的个性化需求及其响应速度。

讲解归纳与举例

例：【多选题】市场竞争绩效目标包括（ ）

- A. 成本
- B. 质量
- C. 可靠性
- D. 柔性
- E. 人力资源

【答案】 ABCD

【解析】 市场竞争绩效目标包括成本、质量、可靠性、柔性和速度（时间），不包括人力资源。

讲解归纳与举例

例：【判断题】多品种中小批量生产不可能兼顾适应性与效率。

【答案】 错

【解析】 采用基于柔性的竞争战略，多品种中小批量生产也可以取得大量流水生产的效果。

2.3 生产过程设计

一、生产流程分类

1. 按产品组织的生产流程

按产品组织的生产流程就是以产品或提供的服务为对象，按照生产产品或提供服务的生产要求，组织相应的生产设备或设施，形成流水般的连续生产，有时又称为流水线生产，如离散型制造业企业的汽车装配线、电视机装配线等就是典型的流水线生产。

连续型企业的生产一般都是按产品组织的生产流程。由于是以产品为对象组织的生产流程，所以其又可称为对象专业化形式。这种形式适用于大批量生产类型。

2. 按加工路线组织的生产流程

对于多品种生产或服务情况，每一种产品的工艺路线都可能不同，因而不能像流水作业那样以产品为对象组织生产流程，只能以所要完成的加工工艺内容为依据来构成生产流程，

而不管是何种产品或服务对象。

设备与人力按工艺内容组织成一个生产单位，每一个生产单位只完成相同或相似工艺内容的加工任务。不同的产品有不同的加工路线，它们流经的生产单位取决于产品本身的工艺过程，因而又叫工艺专业化形式。这种形式适用于多品种中小批量或单件生产类型。

3. 按项目组织的生产流程

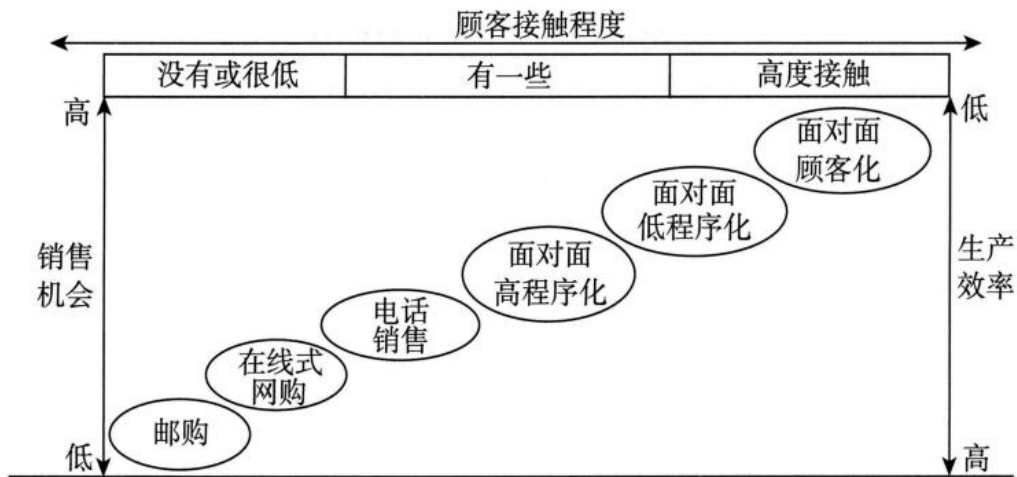
对有些任务，如开发一种新产品、拍一部电影、组织一场音乐会、盖一座大楼等，每一项任务基本上都没有重复。因此，对每一新项目，都按其所具有的特定工序或作业环节来组织生产流程，有些工序可以并行作业，有些工序必须顺序作业。

二、产品-流程矩阵

什么样的需求特征应该匹配什么样的生产过程，这就是产品-流程矩阵。

生产流程	产品				柔性 单位成本
	顾客化 (低产量)	多品种 (中低产量)	品种较多 (中批生产)	标准化产品 (大量生产)	
项目型生产	航空航天	工业装备	机床工具		高 ↓ 低
单件生产		特殊化工产品/药品	电子电器		
成批生产			汽车轮胎和橡胶 钢铁产品		
大量生产			普通化工产品/药品	造纸 容器制造 酿酒	
连续生产				石油 钢铁 林产品	

在服务性企业，类似的有服务-系统设计矩阵。



三、影响生产流程设计的主要因素

1. 产品/服务需求性质

生产系统要有足够的满足用户需求。首先要了解产品/服务需求的特点，从需求的

数量、品种、季节波动性等方面考虑对生产系统能力的影响，从而决定选择哪种类型的生产流程。

2. 自制-外购决策

从产品成本、质量、生产周期、生产能力和生产技术等几个方面综合考虑，企业通常要考虑构成产品所有零件的自制-外购问题。

3. 生产柔性

生产柔性是指生产系统对用户需求变化的响应速度，是对生产系统适应市场变化能力的一种度量，通常从品种柔性和产量柔性两个方面来衡量。

4. 产品/服务质量水平

生产流程中每一加工环节的设计都受到质量水平的约束，不同的质量水平决定了采用什么样的生产设备。

5. 接触顾客的程度

对于绝大多数的服务业企业和部分制造业企业，顾客是生产流程的一个组成部分，因此，顾客对生产的参与程度也影响着生产流程设计。

四、生产单位的组织形式

1. 工艺专业化形式

工艺专业化形式是指按照工艺特征建立的生产单位。工艺专业化形式的生产单位内集中了完成相同工艺的设备 and 工人，可以完成不同产品上相同工艺内容的加工，如制造业企业中的机械加工车间、锻造车间、车工工段、铣工工段等生产单位。

优点：对产品品种变化适应能力强、生产系统可靠性高、工艺管理方便。

缺点：由于完成整个生产过程需要跨越多个生产单位，因而也有加工路线长、运输量大、运输成本高、生产周期长、组织管理工作复杂等缺点，由于变换品种时需要重新调整设备，因而耗费的非生产时间较多，生产效率较低。

工艺专业化形式适合单件生产或小批量生产。

2. 对象专业化形式

对象专业化形式是指按照产品（或零件、部件）建立的生产单位。对象专业化形式的生产单位内集中了完成同一产品生产所需的设备、工艺装备和工人，可以完成相同产品的全部或大部分的加工任务，如汽车制造厂的发动机车间、曲轴车间、齿轮工段等生产单位。

优点:对象专业化生产单位便于采用高效专用设备组织连续流水作业,可缩短运输路线、减少运输费用,有利于提高生产效率、缩短生产周期,同时还简化了生产管理。

缺点:只固定了生产一种或很少几种产品的设备,因而对产品品种变化的适应能力很差。对象专业化形式适合于大量生产。

3. 固定式

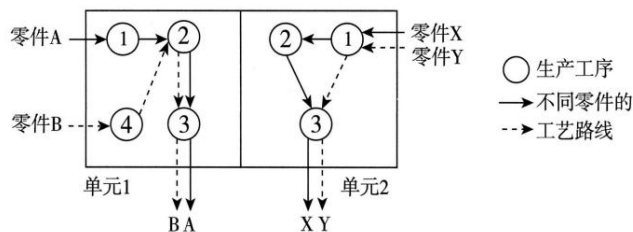
对于大型、笨重的无法移动的产品生产,常采取加工对象固定不动,生产工人、设备和物料围绕加工对象运动的方式,如飞机的装配、船舶制造、内燃机车装配等。



4. 成组生产单元式

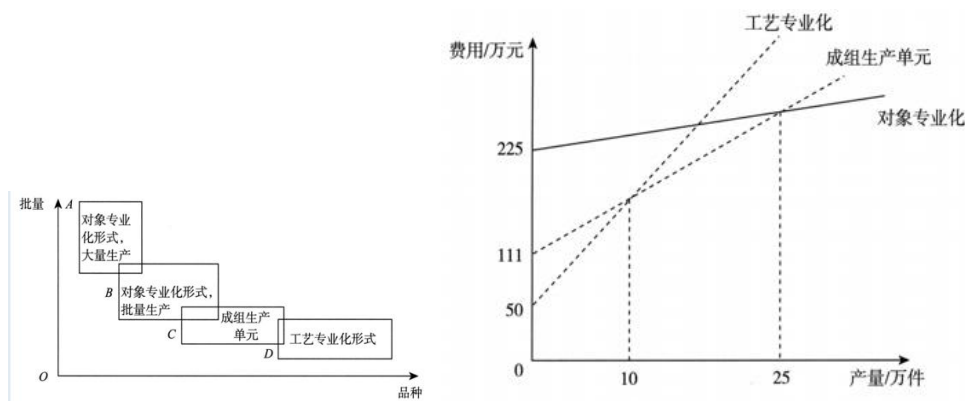
首先根据一定的标准将结构和工艺相似的零件组成一个零件组,确定出零件组的典型工艺流程,再根据典型工艺流程的加工内容选择设备和工人,由这些设备和工人组成一个生产单元。

成组生产单元更适合多品种的批量生产。



五、生产过程方案选择及评价

在选择生产单位形式时,影响最大的是品种数的多少和每种产品产量的大小。



讲解归纳与举例

例：【单选题】最适合大批量生产类型的生产流程是（ ）

- A. 按加工路线组织的生产流程
- B. 工艺专业化形式
- C. 按产品组织的生产流程
- D. 按项目组织的生产流程

【答案】C

【解析】AB 适用于多品种中小批量或单件生产类型，D 适用于项目生产。

例：【判断题】生产柔性通常指的是产量柔性。

【答案】错

【解析】生产柔性是指生产系统对用户需求变化的响应速度，是对生产系统适应市场变化能力的一种度量，通常从品种柔性和产量柔性两个方面来衡量。

例：【简答题】请简述对象专业化形式的优缺点。

【答案】对象专业化形式是指按照产品（或零件、部件）建立的生产单位。

其优点是便于采用高效专用设备组织连续流水作业，可缩短运输路线、减少运输费用，有利于提高生产效率、缩短生产周期，同时还简化了生产管理。

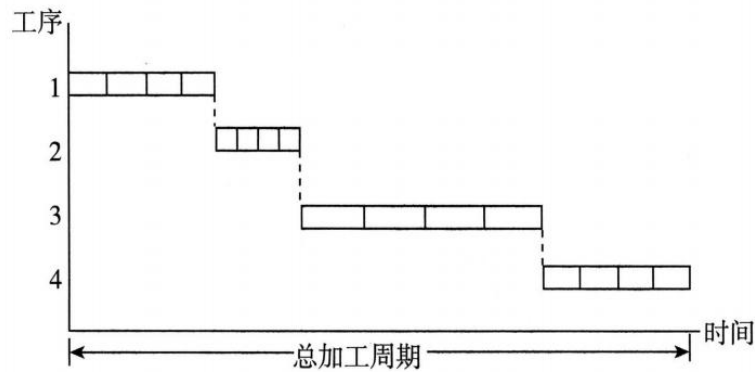
其缺点是只固定了生产一种或很少几种产品的设备，因而对产品品种变化的适应能力很差。

2.4 零件移动方式

一、单一品种一批零件的移动方式

1. 顺序移动方式

顺序移动方式的特点是每批零件在前道工序全部完成之后，再整批地转送到后道工序。



设零件批量为 n (件)，工序数目为 m ，一批零件不计算工序间运输时间，只考虑加工时间，设其加工的周期为 T (分)，零件在第 i 道工序的单件工时为 t_i (分/件)， $i=1, 2, \dots, n$ 。该批零件的加工周期 $T_{顺}$ 应为

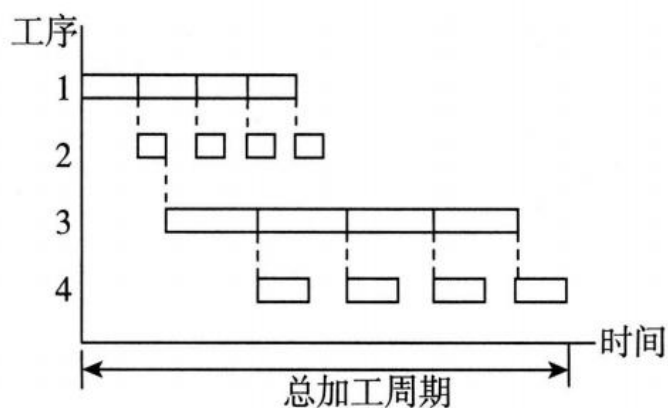
$$T_{顺} = nt_1 + nt_2 + \dots + nt_m = n \sum_{i=1}^m t_i$$

设： $n=4$ ， $m=4$ ， $t_1=10$ (分)， $t_2=4$ (分)， $t_3=12$ (分)， $t_4=8$ (分)，

则 $T_{顺}=4 \times (10+4+12+8) = 136$ (分)

2. 平行移动方式

平行移动方式的特点是一批零件中的每个零件，在前道工序完成之后，立即转移到后道工序上继续加工。



零件平行移动的加工周期 $T_{平}$ 为

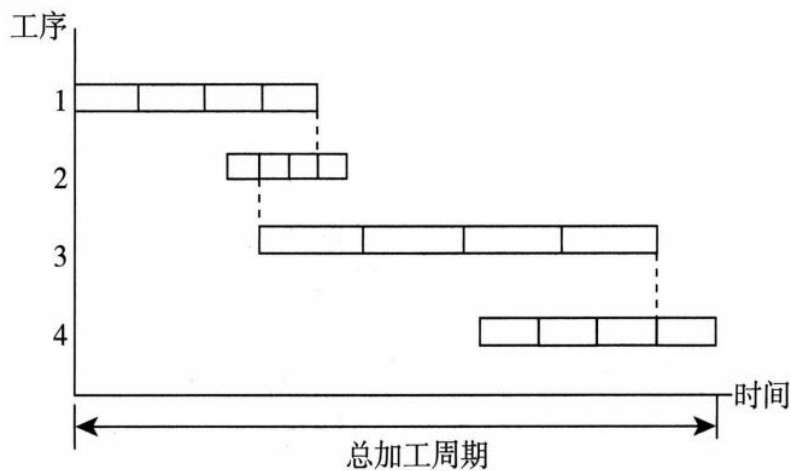
$$T_{\text{平}} = t_1 + t_2 + nt_1 + \dots + t_m = \sum_{i=1}^m t_i + (n-1)t_1$$

t_1 为最长的单件工序时间

$$T_{\text{平}} = (10+4+12+8) + (4-1) \times 12 = 70 \text{ (分)}$$

3. 平行顺序移动方式

平行顺序移动的特点是既保持一批零件顺序加工,又尽可能使相邻工序加工时间平行进行。



零件平行顺序移动的加工周期 $T_{\text{平顺}}$ 为

$$T_{\text{平顺}} = n \sum_{i=1}^m t_i - (n-1) \sum_{i=1}^{m-1} t_{si}$$

$$T_{\text{平顺}} = 4 \times (10 + 4 + 12 + 8) - (4 - 1) \times (4 + 4 + 8) = 88 \text{ (分)}$$

比较因素	顺序移动	平行移动	平行顺序移动
加工周期	长	短	中
移动次数	少	多	中
设备效率	好	差	好
组织管理	简单	中	复杂

二、多品种生产条件下零件的移动方式

1. 顺序移动方式

加工周期 $T_{顺}$ 为
$$T_{顺} = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n t_{ij}$$

2. 平行移动方式

加工周期 $T_{平}$ 为
$$T_{平} = \sum_{j=1}^{m-1} t_{1j} + \sum_{i=1}^n t_{im} + T_w$$

3. 平行顺序移动方式

加工周期 $T_{平顺}$ 为
$$T_{平顺} = \sum_{i=1}^n t_{i1} + \sum_{j=2}^m t_{nj} + T_s$$

讲解归纳与举例

例：【单选题】加工周期最长的移动方式是（ ）

- A. 平行移动方式
- B. 顺序移动方式
- C. 平行顺序移动方式
- D. 顺序平行移动方式

【答案】B

【解析】顺序移动方式的特点是每批零件在前道工序全部完成之后，再整批地转送到后道工序，是加工周期最长的移动方式。

第3章 产品/服务设计和技术选择

本章重难点分析

- 一、了解产品开发过程、产品设计过程、工艺设计与选择的组织
- 二、掌握并行工程思想、计算机技术在产品开发中的运用

3.1 引言

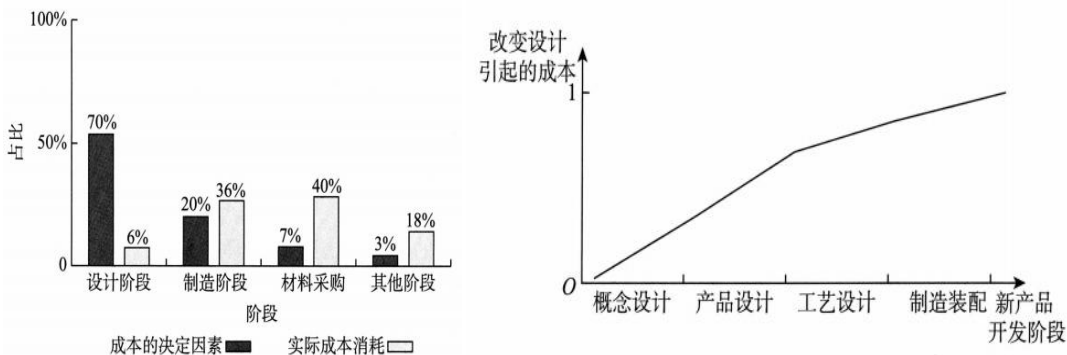
- 一、21世纪企业产品/服务设计的背景特征

从 20 世纪 90 年代开始，尤其是进入 21 世纪以来，企业所处的市场竞争环境日趋严峻。每个企业都面临着前所未有的新产品/服务设计及其技术选择的压力，新产品/服务开发变得越来越重要。

- (1) 新产品/服务开发是实现企业竞争战略的需要。
- (2) 技术进步越来越快。
- (3) 用户的要求越来越苛刻，用户需求呈现出多样化、个性化的特点。
- (4) 产品研制开发的难度越来越大。
- (5) 可持续发展的要求。

产品设计时间占总开发时间的近 60%，因此为缩短新产品上市时间，必须缩短产品设计时间，产品设计和工艺设计影响着新产品的创新速度。企业的产品研发等技术活动影响着产品的成本、质量和制造的效率。

因此，企业在产品设计时会采用许多新的开发手段和方法，以保证在产品开发早期阶段能做出正确的决策，从而提高产品质量，降低产品成本，进一步缩短产品开发周期。



二、企业的产品研究与开发

1. 企业的产品研究与开发

研究与开发包括基础研究、应用研究和技术开发研究。

基础研究进行的是探索新的规律、创建基础性知识的工作。

应用研究是将基础理论研究中开发的新知识、新理论应用于具体领域。

技术开发研究是将应用研究的成果经设计、试验而发展为新产品、新系统和新工程的科研活动。

2. 新产品的分类

一般来讲，新产品是指在技术、性能、功能、结构、材质等一个或几个方面具有先进性

或独创性的产品。按照新产品与现有产品相比的创新程度，可以将新产品分成三类：

①改进产品。这类产品是对老产品的改进与完善，使其在功能、性能、质量、外观、型号上有一定的改进和提高，这也是创新程度最小的一类新产品，是对现有产品的补充和延伸。

一般来讲，新产品是指在技术、性能、功能、结构、材质等一个或几个方面具有先进性或独创性的产品。按照新产品与现有产品相比的创新程度，可以将新产品分成三类：

②换代产品。产品基本原理不变，因部分采用新技术而产品性能有重大突破，换代产品有助于企业拓宽产品族，延长产品族的生命周期，保持市场活力和利润的持续增长。

一般来讲，新产品是指在技术、性能、功能、结构、材质等一个或几个方面具有先进性或独创性的产品。按照新产品与现有产品相比的创新程度，可以将新产品分成三类：

③创新产品。采用科学技术的新发明所开发出的产品，是创新程度最高的一类新产品。创新产品如果能够成功地推向市场，将成为企业的核心业务，使企业成为创新产品的市场先入者，获得高额的回报，同时也会为企业创造长远的竞争优势。创新产品的开发需要对产品设计和流程进行重大的改动。

3. 新产品开发的关键因素

新产品失败可归纳为三个关键原因：

- ①没有潜在的用户和需求，新产品是按照设计人员的想象开发出来的；
- ②新产品与当前的需求不匹配，要么不能满足需求，要么功能过剩；
- ③在营销方面，特别是在将产品介绍给顾客的相互沟通方面的工作不力。

新产品开发的动力可分为技术推动、市场牵引和同行竞争。

但归根结底，新产品开发成功首先必须满足技术与市场匹配的原则。了解和确定人们的需求，将这种需求用技术实现，提高产品在研究与开发过程中的管理水平，是新产品开发的关键。

讲解归纳与举例

例：【判断题】基础研究是将基础理论研究中开发的新知识、新理论应用于具体领域。

【答案】错

【解析】将基础理论研究中开发的新知识、新理论应用于具体领域的是应用研究。

例：【多选题】新产品的分类包括（ ）

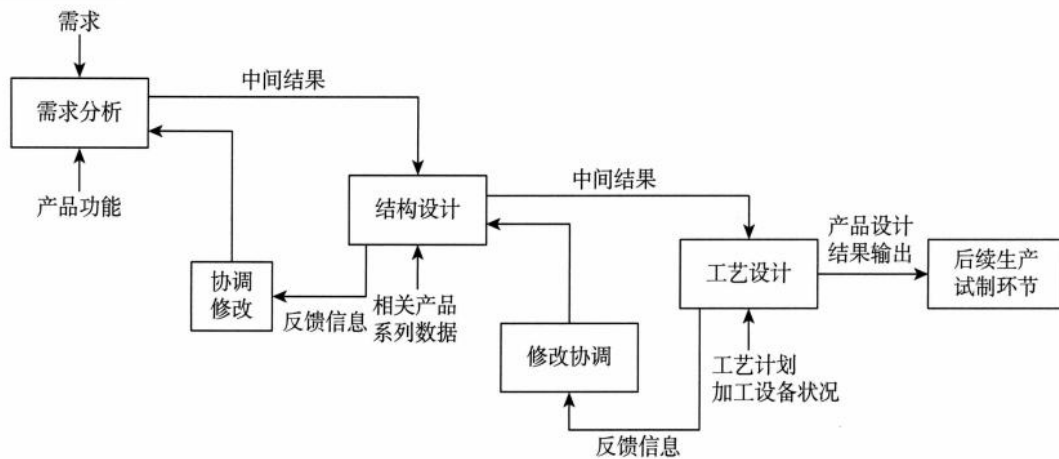
- A. 改进产品
- B. 换代产品

- C. 创新产品
- D. 基础研究产品
- E. 应用研究产品

【答案】ABC

【解析】一般来讲，按照新产品与现有产品相比的创新程度，可以将新产品分成三类：改进产品、换代产品、创新产品。

3.2 产品设计与开发过程



一、产品构思

产品构思的来源有：

一是通过与顾客交流，倾听顾客的心声，听取他们对改进产品的建议，以此来分析顾客的需求，挖掘新产品创意。

二是 R&D，将研究出来的新技术应用于新产品开发，由技术推动新产品的开发。

三是研究竞争对手的产品和服务，往往能够激发出新设计以及对现有产品进行改进的许多构想，使企业开发出优于竞争对手的产品。

二、结构设计

产品结构的设计过程包括从明确设计任务开始，到确定产品的具体结构为止的一系列活。产品结构的设计一般分为总体设计、技术设计、工作图设计三个阶段：

1. 总体设计。通过市场需求分析，确定产品的性能、设计原则、技术参数，概略计算产品的技术经济指标和进行产品设计方案的经济效果分析。

产品结构的设计过程包括从明确设计任务开始，到确定产品的具体结构为止的一系列活动。产品结构的设计一般分为总体设计、技术设计、工作图设计三个阶段：

2. 技术设计。将技术任务书中确定的基本结构和主要参数具体化，根据技术任务书所规定的原则，进一步确定产品结构和经济技术指标，以总图、系统图、明细表、说明书等总括形式表现出来。

3. 工作图设计。根据技术设计阶段确定的结构布置和主要尺寸，进一步进行结构的细节设计，逐步修改和完善，绘制全套工作图样和编制必要的技术文件，为产品制造和装配提供确定的依据。

三、工艺设计

工艺设计是指按产品设计要求，安排或规划出原材料加工成产品所需要的一系列加工过程、工时消耗、设备和工艺装备需求等的说明。工艺设计过程的程序包括产品图纸的工艺分析和审查、拟订工艺方案、编制工艺规程、工艺装备的设计与制造。

1. 产品图纸的工艺分析和审查。主要内容包括产品结构是否与生产类型相适应，是否充分地利用已有的工艺标准；零件的形状尺寸和配合是否合适，所选用的材料是否适宜，以及在企业现有设备、技术力量等条件下的加工可能性和方便程度。

工艺设计是指按产品设计要求，安排或规划出原材料加工成产品所需要的一系列加工过程、工时消耗、设备和工艺装备需求等的说明。工艺设计过程的程序包括产品图纸的工艺分析和审查、拟订工艺方案、编制工艺规程、工艺装备的设计与制造。

2. 拟订工艺方案。拟订工艺方案是工艺计划的总纲。在工艺方案中，要明确产品制造过程中会存在哪些主要问题、关键件用什么方法加工、工艺路线怎样安排、工艺装备的原则和系数如何确定等重大原则问题。

三、工艺设计

工艺设计是指按产品设计要求，安排或规划出原材料加工成产品所需要的一系列加工过程、工时消耗、设备和工艺装备需求等的说明。工艺设计过程的程序包括产品图纸的工艺分析和审查、拟订工艺方案、编制工艺规程、工艺装备的设计与制造。

3. 编制工艺规程。工艺规程是最主要的工艺文件，它是安排生产作业计划、生产调度、质量控制、原材料供应、工具供应、劳动组织的基础数据，是具体指导工人进行加工、制造、操作的文件。

工艺设计是指按产品设计要求，安排或规划出原材料加工成产品所需要的一系列加工过程、工时消耗、设备和工艺装备需求等的说明。工艺设计过程的程序包括产品图纸的工艺分析和审查、拟订工艺方案、编制工艺规程、工艺装备的设计与制造。

4. 工艺装备的设计与制造。为实现工艺过程所需要的工具、夹具、卡具、量具、模具等，总称为工艺装备。工艺装备的设计与制造对贯彻工艺规程、保证加工质量、提高生产效率具有重要作用。

四、产品设计的原则和绩效评价

1. 产品设计和选择应该遵循以下几条原则：

- ①设计用户需要的产品（服务）
- ②设计可制造性（manufacturability）强的产品
- ③设计鲁棒性（robustness）强的产品（服务）
- ④设计绿色产品（考虑环保要求）

2. 产品开发绩效评价指标：

绩效指标	度量	对竞争力的影响
上市时间	新产品引入频率 从新产品构思到上市的时间 构思数量和最终成功数量 实际效果与计划效果的差异 新产品的销售比例	顾客/竞争对手的响应时间 设计的质量——接近市场的程度 项目的频率——模型的寿命
生产率	每一个项目的研究发展周期 每一个项目的材料及工具费用 实际与计划的差异	项目数量——新产品设计与开发的频率 项目的频率——开发的经济性
质量	舒适度——使用的可靠性 设计质量——绩效和用户的满意度 生产质量——工厂和车间的反映	信誉——用户的忠诚度 对用户的相对吸引力——市场份额 利润率

讲解归纳与举例

例：【多选题】属于结构设计的有（ ）

- A. 拟订工艺方案
- B. 编制工艺规程

- C. 总体设计
- D. 技术设计
- E. 工作图设计

【答案】CDE

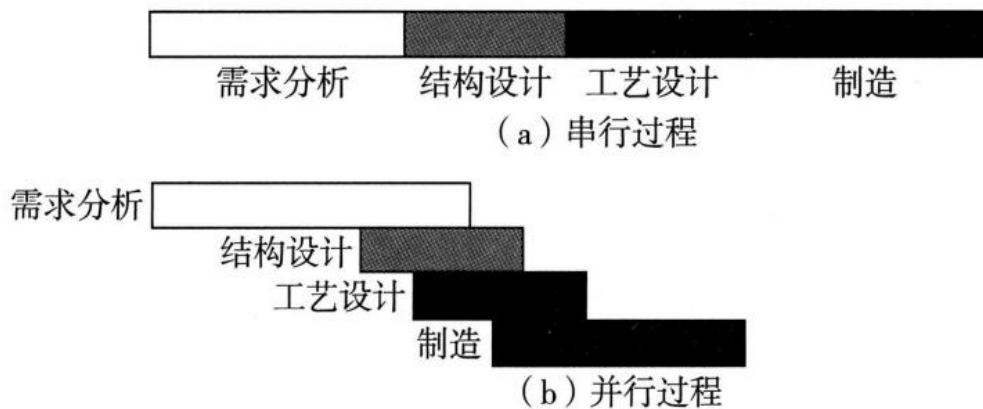
【解析】AB 属于工艺设计。

例：【判断题】上市时间是重要的产品开发绩效评价指标。

【答案】对

【解析】产品开发绩效评价指标包括上市时间、生产率和质量。

3.3 产品设计与开发的组织方法



一、串行的产品设计方法

传统的企业产品开发一直采用串行的方法，即从需求分析到产品的结构设计、工艺设计一直到加工制造和装配是在各部门之间一步步顺序进行的。

产品开发的 workflow 是：先由熟悉顾客需求的市场人员提出产品构想，再由产品设计人员完成产品的精确定义，之后交制造工程师确定工艺工程计划，确定产品总费用和生产周期，质量控制人员做出相应的质量保证计划。

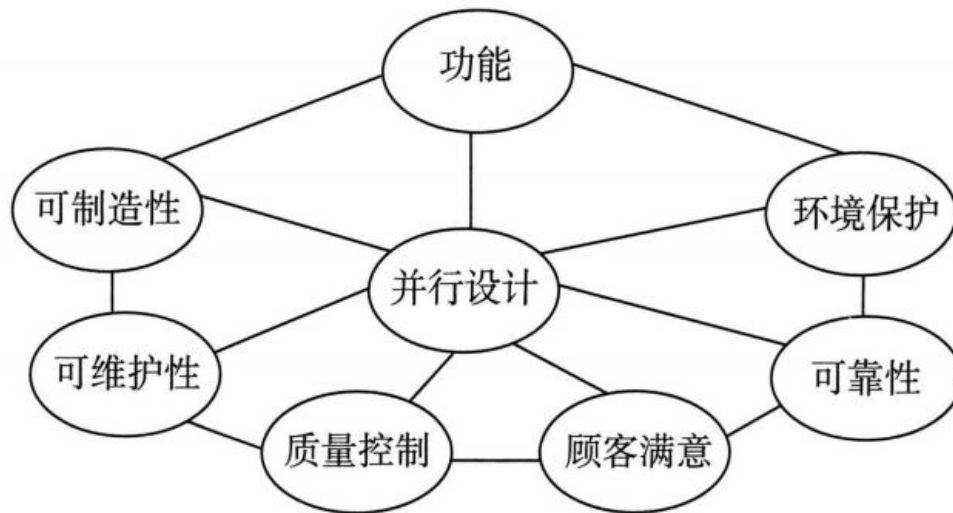
串行的产品开发过程存在着许多弊端，主要包括如下两点：

1. 各下游开发部门所具有的知识难以加入早期设计，加入设计的阶段越早，降低费用的机会越大。而发现问题的时间越晚，修改费用越大，费用随时间成指数增加。
2. 各部门对其他部门的需求和能力缺乏理解，目标和评价标准的差异与矛盾降低了产品整体

开发过程的效率。

二、并行的产品设计方法

并行工程是对产品及其相关过程，包括制造过程和支持过程，进行并行、一体化设计的一种系统化方法。



并行工程的主要思想如下：

(1) 设计时同时考虑产品生命周期的所有因素，最终形成产品设计规格和相应的制造工艺和生产准备文件。

(2) 产品设计过程中各活动并行交叉进行。由于各部门的工作同步进行，各种相关的生产制造问题和用户的不满意问题，在项目研发准备阶段便能得到及时沟通和解决。

(3) 不同领域技术人员的全面参与和协同工作，实现产品生命周期中所有因素在设计阶段的集成，实现技术、资源、过程在设计中的集成。

(4) 高效率的组织结构。产品的开发过程是涉及所有职能部门的活动。通过建立跨职能产品开发小组，打破了部门间的壁垒，降低了产品开发过程中各职能部门之间的协调难度。

并行工程的特点如下：

(1) 产品设计的各阶段是一个递阶渐进的连续过程，概念设计、初步设计、详细设计等设计阶段的划分只标志着产品和设计的粒度和清晰度。

(2) 产品设计过程和产品信息模型经历着从定性到定量、从模糊到清晰的渐进演化。设计每前进一步，过程每循环一次，设计的粒度减小，信息的清晰度增加，不确定性减小，并行程度逐渐增加。

(3) 产品设计过程和工艺设计过程并非顺序进行，而是并行展开、同时进行。

三、从二维并行工程到三维并行工程

1. 二维与三维并行工程的含义

传统的并行工程方法更多的是仅仅考虑产品设计与制造流程设计两个维度。

并行的产品设计方法要考虑产品设计、制造流程设计与供应链设计三个维度。与二维并行工程相比，三维并行工程强调在产品设计中考虑供应链战略设计，主要包括自制-外购决策、合作伙伴选择决策、确定与供应链其他主体的关系。

2. 二维与三维并行工程的比较

比较内容	二维并行工程	三维并行工程
决策内容	产品设计 制造流程设计	产品设计 制造流程设计 供应链设计
绩效	竞争资格要素：成本与质量 竞争赢得要素：产品上市时间	竞争资格要素：成本与质量 竞争赢得要素：产品上市时间、供应链响应时间、个性化定制能力
参与范围	企业内的不同职能部门，如设计、工程、制造、营销、财务等	企业内的不同职能部门、供应链上的合作伙伴（包括供应商和顾客）
信息交流网络	垂直信息交流 职能部门间的水平信息交流	垂直信息交流 职能部门间的水平信息交流 企业之间的外部信息交流

四、产品开发新的组织与管理技术

1. 虚拟设计

- (1) 面向并行工程的 DFx 设计模式体现了开发过程的集成。
- (2) PDM 发展成为 CAD、CAPP、CAM 系统的集成平台。
- (3) 互联网使设计集成的范围更加广泛。
- (4) STEP 标准作为设计开发集成的标准接口。

2. 产品数据管理

产品数据管理（product data management, PDM）技术是在数据库基础上发展起来的一门面向工程应用的信息管理技术，它管理所有与产品有关的信息和过程，是支持企业重构、并行工程、虚拟制造、计算机集成制造和 ISO9000 认证的技术。

3. 产品系列化，零部件标准化、通用化

- (1) 产品系列化是对相同的设计依据、相同的结构性和相同使用条件的产品，将其基本尺

寸和参数按一定的规律编排，建立产品系列型谱，以减少产品品种，简化设计。

(2) 零部件标准化，是在产品系列化的基础上，在企业内不同型号的产品之间扩大相同的通用零部件。

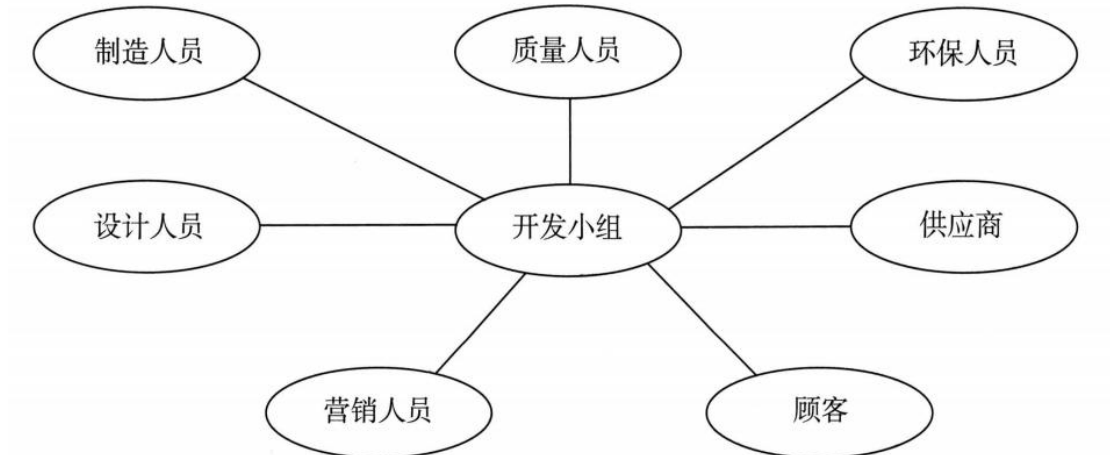
(3) 零部件通用化，是按国家标准生产零部件。

4. 减少变化的方案

“变化减少方案” (variety reduction program, VRP) 是一种面向多品种生产的有效方法，其核心思想是变产品的多品种为零部件的少变化，从而达到简化生产和管理、降低成本的目的。

VRP 以产品系列为研究对象，系统地归纳了减少变化的五项技术：固定或可变技术、模块化技术、功能复合和集成技术、范围划分技术以及趋势分析技术。

五、产品开发团队人员构成



1. 设计人员

从事产品开发的设计人员是产品开发团队中的核心人员。

2. 制造、质量、营销人员

制造、质量、营销人员等下游人员加入开发小组参与产品设计的早期活动，有利于预防设计的先天不足，减少开发的时间和费用，确保产品设计一次成功。

3. 顾客和供应商

顾客和供应商加入产品开发能减少其不确定性，在设计中更好地反映顾客需求，提高产品适应市场的能力。

4. 环保人员

环保人员加入产品设计小组,其作用是在产品设计时要考虑到产品终止时的资源重用和环境保护问题。

讲解归纳与举例

例:【判断题】并行工程的产品设计过程中各活动是按顺序进行的。

【答案】错

【解析】并行工程的产品设计过程中各活动是并行展开、同时进行的。

例:【单选题】三维并行工程比二维并行工程多的是()

- A. 产品设计
- B. 制造流程设计
- C. 供应链设计
- D. 结构设计

【答案】C

【解析】传统的并行工程方法更多的是仅仅考虑产品设计与制造流程设计两个维度。并行的产品设计方法要考虑产品设计、制造流程设计与供应链设计三个维度。

第4章 生产/服务设施选址与布置优化

本章重难点分析

- 一、理解选址决策的重要性、影响选址的因素和选址的步骤
- 二、领会在组织生产单位决策中的两个原则以及几种常用的布置方案优化方法
- 三、掌握装配线时间平衡的概念和平衡方法

4.1 选址决策

一、选址决策的基本概念

【设施选址】就是为实现企业战略目标、综合平衡各种因素,确定在何处建厂或建立服务设施的过程。

随着全球制造的出现，现在企业的选址问题涉及的范围已超出某一地区、某一国家了，而是在全球范围内考虑厂址选择的问题。厂址选择的问题也超出了过去的自己建厂的决策，而是将选择位于不同地区的合作伙伴（如零部件的供应商）也纳入了选址的决策问题中。

二、选址决策的重要性

一个企业的竞争力直接受到其地理位置和环境的影响，因此选址决策在企业运作管理中具有十分重要的地位，它是一个战略问题。

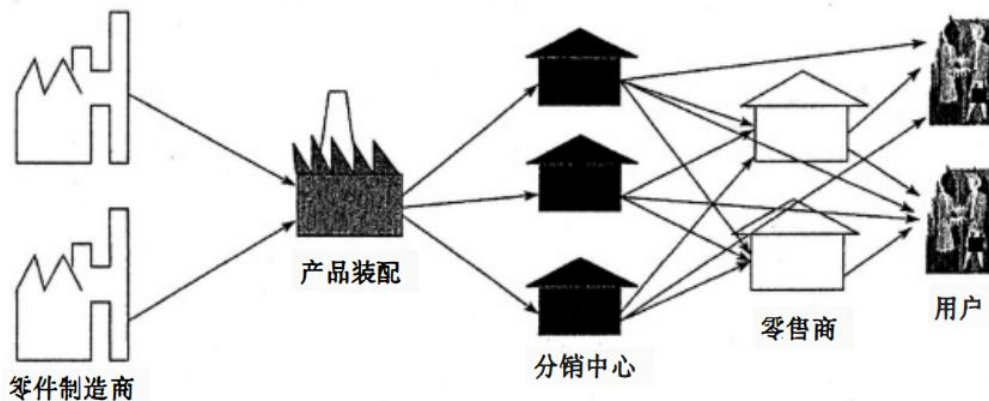
对于制造业企业来说，其地理布局决定着某些直接成本的高低，如原材料和产品的运输成本、劳动力成本及其他辅助设施的成本等。

对于服务业企业来说，选址的问题直接影响着供需关系（如客流量），直接关系到营业额的多少。

此外，选址的问题还影响着员工的情绪、相互之间的关系及公共关系等。

三、选址决策与物流系统

一家企业做出的选址决策应使企业的利润最大化，至少应使物流链处于控制之中。从物流系统的观点出发，就是要综合考虑所有的因素，使得物流链上的每一个节点都能达到最优。



四、影响选址的因素

1. 经济因素

1) 运输条件与费用。考虑物流及人员的到达方便、考虑运输工具，考虑产品性质。

下述情况的企业应该接近原料或材料产地（供应地）：

原料笨重而价格低廉的企业，如砖瓦厂、水泥厂、玻璃厂、钢铁冶炼厂和木材厂等。

原料易变质的企业，如水果、蔬菜罐头厂。

原料笨重，产品由原料中的一小部分提炼而成，如金属选矿和制糖。

原料运输不便，如屠宰厂。

产品运输不便，如家具厂、预制板厂。

产品易变化和变质，如制冰厂、食品厂。

大多数服务业，如超市或商店、消防队、医院等。

2) 劳动力可获得性与费用。考虑人员的技术水平、业务能力和获得成本。

3) 能源可获得性与费用。对于耗能大的企业，如钢铁、炼铝、火力发电厂，其厂址应该靠近燃料、动力供应地。

4) 厂址条件和费用。考虑地势、利用情况和地质条件。地价高低、协作是否方便。

5) 关税。

2. 其他因素

1) 政治因素。政治因素包括政治局面是否稳定，法制是否健全，税负是否公平等。尤其是在国外建厂，必须要考虑政治因素。

2) 社会因素。投资建厂要考虑的社会因素包括居民的生活习惯、文化教育水平、宗教信仰和生活水平。

3) 自然因素。自然因素主要是气候条件和水资源状况。气候条件将直接影响职工的健康和工作效率。

五、不同类型设施选址的特殊性

1. 竞争战略对设施选址的影响

企业的竞争战略对选址决策有重要影响。采用成本领先战略的企业倾向于将设施布局在低成本地区；而采用高响应性战略的企业则倾向于将设施设立在靠近市场的地方，即使这样成本会更高。

2. 工业企业的设施选址

工业企业设施通常涉及制造工厂、仓库和配送中心等设施，运输成本、劳动力成本及其可供应量、原材料成本及其可供应量、公用事业成本等因素是工业设施选址决策要考虑的主要因素。

3. 服务设施选址

对于营利性服务企业，其特点是要直接面对顾客，顾客规模和顾客的消费水平直接决定

服务企业的销售量和收入水平，特定的服务设施选址是影响收入的一个重要因素。因此，该类服务设施选址与定位必须以方便顾客来接受服务、能够吸引顾客来接受服务为原则，以保持充足的客流。

政府服务设施应当位于政府机构集中地，这样有利于政府内部各职能机构之间的交流与合作，更有效地为顾客提供服务，也方便顾客来接受服务。

健康和紧急服务设施一般情况下也是位于居民集中地，其选址的关键因素是对服务对象的快速反应。

六、选址的一般步骤

1. 选择某一个地区

1) 城市设厂。适于在城市设厂的情况：①工厂规模不大，需要大量受过良好教育和培训的员工；②服务业，因大部分服务业需要与顾客直接接触；③工厂占用空间少，最好能设置于多层建筑内；④对环境污染小。

2) 农村设厂。适于在农村设厂的情况：①工厂规模大，需占用大量土地；②生产对环境污染较大，如噪声、有害气体或液体；③需大量非技术性粗工；④有高度制造机密，需与周围隔离。

3) 城郊设厂。城郊兼具城市和农村的部分优点，且由于现代交通和通信发达，将有越来越多的工厂设在城郊。

2. 选择适当的地点

1) 确定厂址应考虑厂区平面布置方案，并留有适当的扩充余地。

2) 整理厂地环境的费用。

3) 职工生活方便。

讲解归纳与举例

例：【单选题】影响选址的经济因素不包括（ ）

- A. 劳动力可获得性与费用
- B. 地价高低
- C. 文化教育水平
- D. 运输条件与费用

【答案】C

【解析】影响选址的经济因素包括运输条件与费用、劳动力可获性与费用、能源可获性与费用、厂址条件和费用、地价高低、协作是否方便等。C为社会因素。

例：【判断题】对采矿、选矿、冶炼、采石等重工业企业而言，劳动力的供应量和成本是这类设施选择要考虑的重要因素。

【答案】错

【解析】对采矿、选矿、冶炼、采石等重工业企业而言，原料运输成本、建筑和土地成本、公用事业产品可供应量和成本、地理环境、环保等是这类设施选址要考虑的主要因素。

4.2 设备/设施布置决策

一、影响企业生产单位构成的因素

1. 产品的结构与工艺特点

生产单位的设置应根据产品结构要求，设置相应的制造车间，如生产机械产品的制造企业，生产单位可由毛坯、加工、装配车间组成；流程式的化工行业则严格按工艺流程的阶段组成车间。

同类型的产品，结构相似，可能采用不同的工艺方法，如齿轮厂的毛坯，可以模锻而成或精密铸造，因而相应地设置锻造车间或铸造车间，或者锻造车间与铸造车间均设置。

2. 企业的专业化与协作化水平

1) 企业的生产专业化形式不同，相应设置的生产单位也不同

采用产品专业化形式的企业，要求企业有较为完整的生产单位，应设置毛坯车间、机械加工车间、热处理车间、装配车间等，如汽车制造企业。

采用零件专业化形式的企业，多数没有完整的加工过程、各个工艺阶段，可不设置装配车间或毛坯车间，如齿轮厂等。

采用工艺专业化的企业，一般只设有相应工艺阶段的车间，如装配厂，只有部件装配车间、总装车间等。

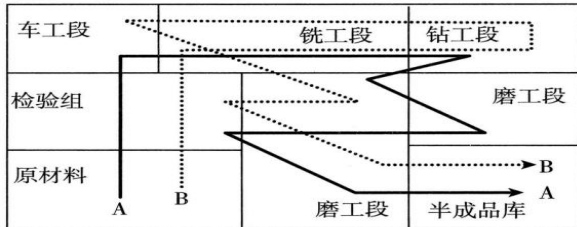
2) 企业的专业化程度高，必然有大量的外协件需要协作化生产

企业的协作化水平不同，相应地由不同的生产单位组成。协作范围越广，则企业的生产车间组成越简单。

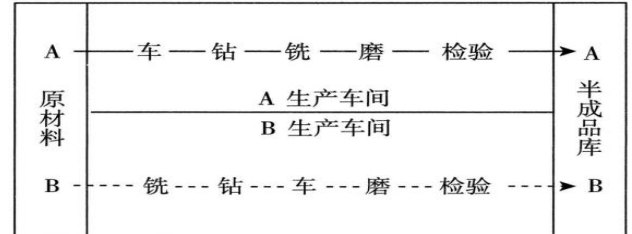
3. 企业的生产规模

企业的生产规模是指劳动力和生产资料在企业集中的程度，如企业职工人数、固定资产总值、产品总产值等，可分为大、中、小规模企业。

二、生产单位的专业化原则和形式



工艺专业化形式示意图



对象专业化形式示意图

1. 工艺专业化原则

按照工艺专业化特征建立的生产单位，形成工艺专业化车间。工艺专业化形式的生产单位内集中了完成相同工艺的设备 and 工人，可以完成不同产品上相同工艺内容的加工。

优点：对产品品种变化适应能力强、生产系统可靠性高、工艺管理方便。

缺点：加工路线长、运输量大、运输成本高、生产周期长、组织管理工作复杂等。由于变换品种时需要重新调整设备，耗费的非生产时间较多，生产效率低。

适用对象：适用于批量生产类型。

2. 对象专业化原则

按照产品（或零件、部件）建立的生产单位，形成对象专业化车间。对象专业化形式的生产单位内集中了完成同一产品生产所需的设备、工艺装备和工人，可以完成相同产品的全部或大部分的加工任务。

优点：可缩短运输路线、减少运输费用，有利于提高生产效率、缩短生产周期，同时还简化了生产管理。

缺点：只固定生产一种或很少几种产品的设备，因而对产品品种变化的适应能力很差。

适用对象：适用于大量大批生产类型。

三、影响生产和服务设施布置决策的因素

1. 厂房的布置应满足生产过程的要求，以避免互相交叉和迂回运输，缩短生产周期，节省生产费用。

2. 生产联系和协作关系密切的单位应相互靠近布置，比如机械加工和装配车间应该安排在相

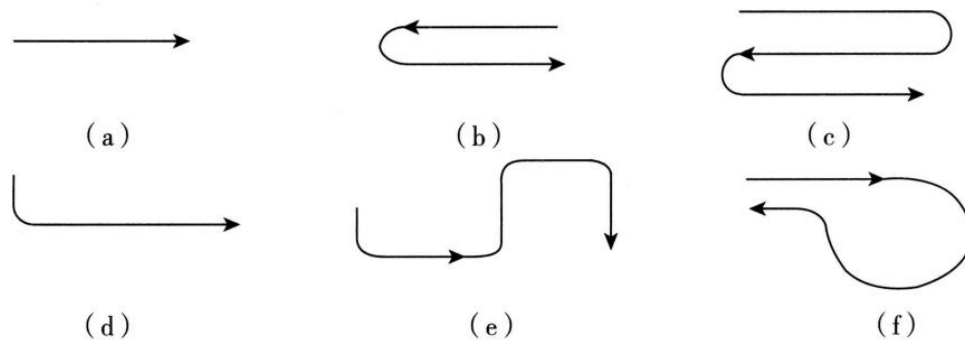
邻的位置上。

3. 充分利用现有运输条件，如公路、铁路、港口及供水、供电等公共设施。
4. 按照生产性质、防火和环保要求，合理划分厂区，如热加工车间区、冷加工车间区、动力设施区。为了减少居民生活区的污染，生活区应设在上风区。
5. 在考虑防火和卫生条件下，总平面布置应力求占地面积小。
6. 工厂布置应考虑有扩建的余地。
7. 服务设施的布置要考虑顾客与服务之间的关系紧密程度。

四、几种典型布置形式

1. 物料流程形式

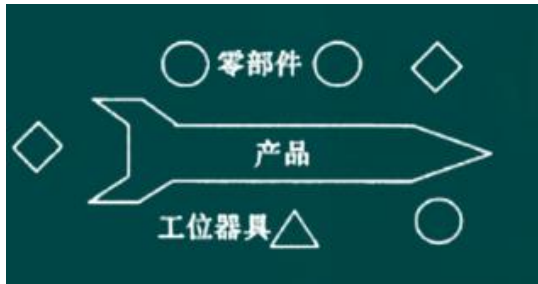
流程形式可以分为水平和垂直两种。当所有的设备、设施都在同一个车间里时，就按水平方式考虑；当生产作业是在多个楼层周转时，就按垂直方式考虑。常见的水平流程形式如下：



2. 布置类型

1) 固定式布置

固定式布置是指加工对象位置固定，生产工人和设备都随加工产品所在的某一位置而转移，如大型飞机、船舶、重型机床装配等，这种布置形式适用于大型产品的装配过程。



2) 按产品布置

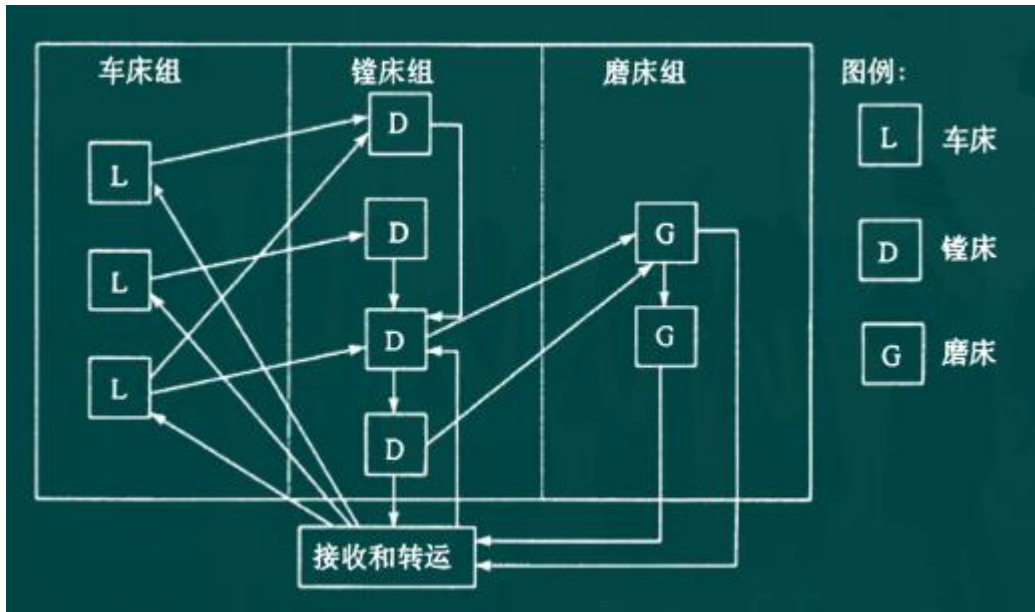
按产品布置就是按对象专业化原则布置有关机器和设施。最常见的如流水生产线或产品装配

线。



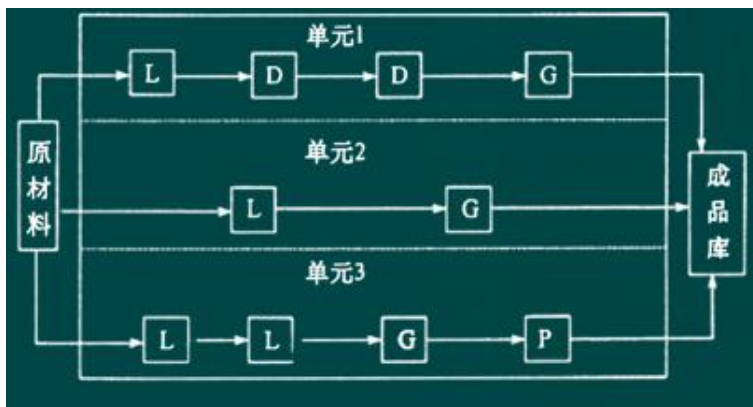
3) 按工艺过程布置

按工艺过程布置又称工艺专业化布置，就是按照工艺专业化原则将同类机器集中在一起，完成相同工艺加工任务。



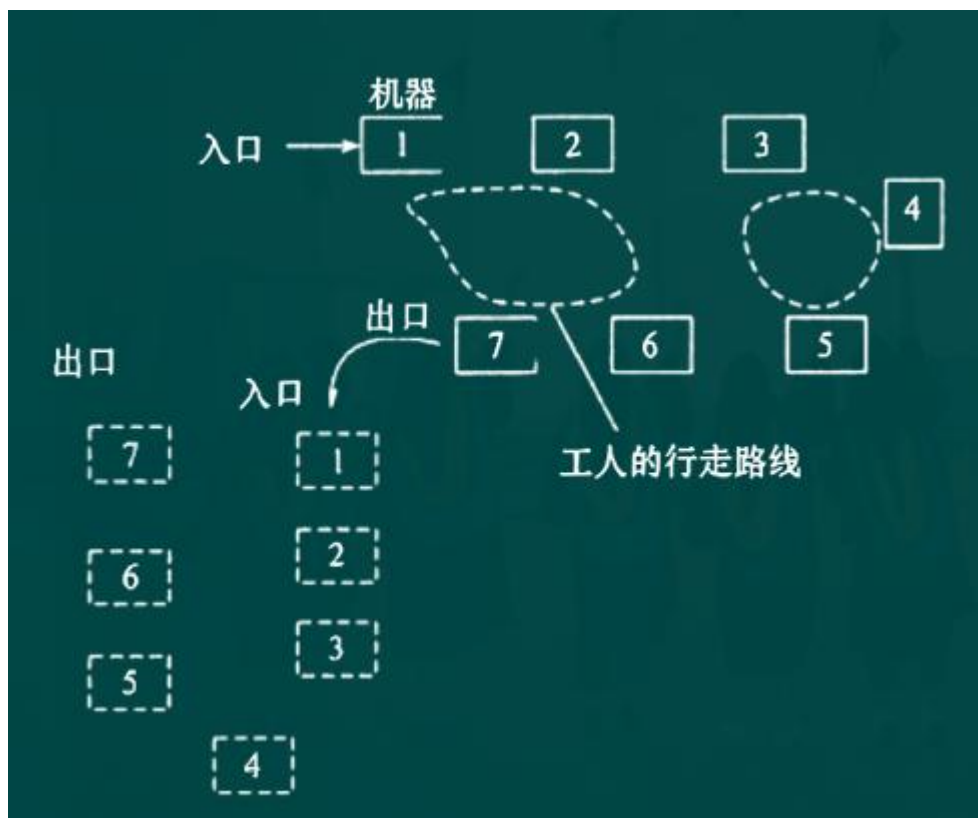
4) 按成组制造单元布置

先根据一定的标准将结构和工艺相似的零件组成一个零件组，确定出零件组的典型工艺流程，再根据典型工艺流程的加工内容选择设备和工人，由这些设备和工人组成一个生产单元。



成组制造单元是一种适合多品种中小批量生产的理想生产方式。

5) U形制造单元及生产线布置



讲解归纳与举例

例：【单选题】生产体积庞大，不容易移动的产品适合使用以下哪种布置类型（ ）

- A. 固定式布置
- B. 按产品布置
- C. 按工艺过程布置
- D. 按成组制造单元布置

【答案】A

【解析】固定式布置是指加工对象位置固定，生产工人和设备都随加工产品所在的某一位置而转移，如大型飞机、船舶、重型机床装配等，这种布置形式适用于大型产品的装配过程。

例：【判断题】按照对象专业化原则，同一生产单位可以完成相同产品的全部或大部分的加工任务。

【答案】错

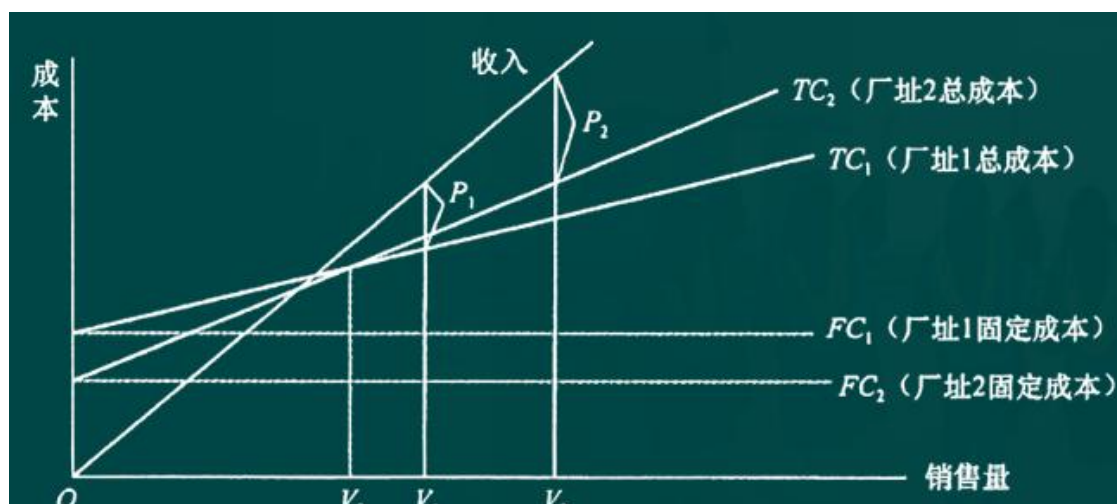
【解析】按照工艺专业化特征建立的生产单位，形成工艺专业化车间。工艺专业化形式的生

产单位内集中了完成相同工艺的设备 and 工人，可以完成不同产品上相同工艺内容的加工。

4.3 选址与布置决策的定量分析

一、量本利分析法

量本利分析法可以用来评价不同的选址方案。



量本利分析法用于多个选址方案的比较，一般步骤如下。

- (1) 确定每一备选地点的固定成本和变动成本。
- (2) 计算总成本和收入，并在同一张图上绘制各备选地点的总成本曲线和收入曲线。
- (3) 分析各备选地点的可能销售量和盈利情况，并对选址方案做出评价。

应用量本利分析法，有一些基本的假设条件，包括：产量在一定范围时，固定成本不变；可变成本与一定范围内的产量呈线性关系；所需的产出水平能近似估计；只包括一种产品。

二、评分法

全面比较不同选址方案，是一个多目标或多准则的决策问题。由于不同的目标对选址决策的重要程度不同，就要对不同的目标分配不同的权重。权重通过分配给不同目标以不同的最高分数来体现。

选址因素	最高分数	候选厂址		
		A	B	C
未来燃料可获性	300	200	250	220
水源供应的充足程度	100	80	90	80
劳动力供应情况	250	220	200	200
生活条件	150	120	120	100
运输的灵活性及前景	200	160	160	140
环境污染法规	50	30	40	30
税收稳定性	50	30	40	30
共计	1 100	840	900	800

选址因素	权重	备选厂址		
		A	B	C
交通条件	0.25	70	100	80
土地状况	0.10	80	70	100
停车场可获得性	0.20	70	60	60
公众态度	0.25	90	80	90
扩展潜力	0.20	90	80	80

对于多目标决策问题，如有多个备选方案（厂址），可以采取以下办法进行决策：

- 1) 淘汰法。如果多个备选方案中有一些方案的每项指标值（点数）都不优于某一方案的对应的指标值，则这些备选方案都可以淘汰。
- 2) 设置最低指标值。对某些评价指标设置最低值，任何方案的相应指标若低于这个最低值，则该方案被淘汰。
- 3) 加权和法。将每个方案的各项指标分值乘以各项指标的权重之后求和，取加权和最大者。

三、线性规划运输问题算法

当一个工厂或一个服务设施有多个原材料供应点，需要应用线性规划运输问题算法，计算所有备选厂址（服务设施）的供应成本，经过比较，得出最优的选址方案。

【例题】假设某公司现有 3 个工厂 A、B 和 C，它们在 3 个不同的城市。有 2 个位于不同城市的仓库 P 和 Q，用来存放工厂生产的产品，随时供应用户。每个仓库每月供应市场 2100 吨产品。为了更好地为顾客服务，该公司决定再设置一个新仓库。经过调查研究和评分法评价，确定 X 和 Y 两个点可建仓库。

工厂	生产能力/(吨/月)	到各仓库单位运费/元			
		P	Q	X	Y
A	2400	15	27	48	51
B	2400	27	12	24	27
C	1800	45	24	9	15

假设仓库 X 已选中，月总运输费为 $2100 \times 15 + 2100 \times 12 + 300 \times 24 + 1800 \times 9 = 80100$ （元）。

工厂	仓库/元						能力/(吨/月)
	P	Q	X	虚拟仓库			
A	2100	15	27	48	300	0	2400
B	27	2100	12	300	24	0	2400
C	45	24	1800	9	0	0	1800
需求	2100	2100	2100	300			

假设仓库 Y 已选中，月总运输费为 $2100 \times 15 + 2100 \times 12 + 300 \times 27 + 1800 \times 15 = 91800$ （元）。

比较仓库 X 和 Y，选择 X 较好，因为选择 X，产品供应过程运费更少。

四、作业相关图

作业相关图法是由穆德提出的，它是根据企业各个部门之间的活动关系密切程度布置其相互位置的。

第一步：首先将关系密切程度划分为 A、E、I、O、U、X 六个等级，其意义如下表：

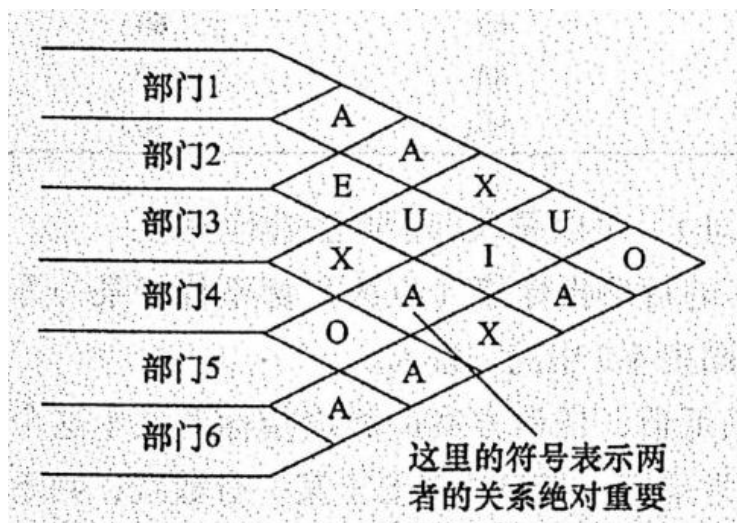
代号	密切程度	代号	密切程度
A	绝对重要	O	一般
E	特别重要	U	不重要
I	重要	X	不予考虑

代号	关系密切原因	代号	关系密切原因
1	使用共同的原始记录	6	工作流程连续
2	共用人员	7	做类似的工作
3	共用场地	8	共用设备
4	人员接触频繁	9	其他
5	文件交换频繁		

第二步：将待布置的部门一一确定出相互关系。

第三步：根据相互关系重要程度，按重要等级高的部门相邻布置的原则，安排出最合理的布置方案。

【例题】一个快餐店欲布置其生产与服务设施。该快餐店共分成 6 个部门，计划布置在一个 2×3 的区域内。已知这 6 个部门间的作业关系密切程度，如下图所示，请据此做出合理布置。



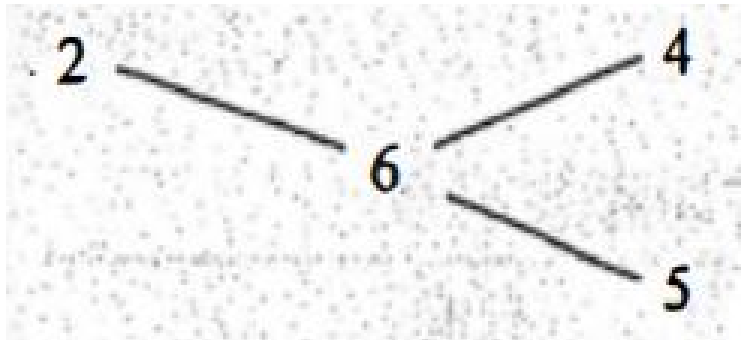
【例题】一个快餐店欲布置其生产与服务设施。该快餐店共分成 6 个部门，计划布置在一个 2×3 的区域内。已知这 6 个部门间的作业关系密切程度，如下图所示，请据此做出合理布

置。

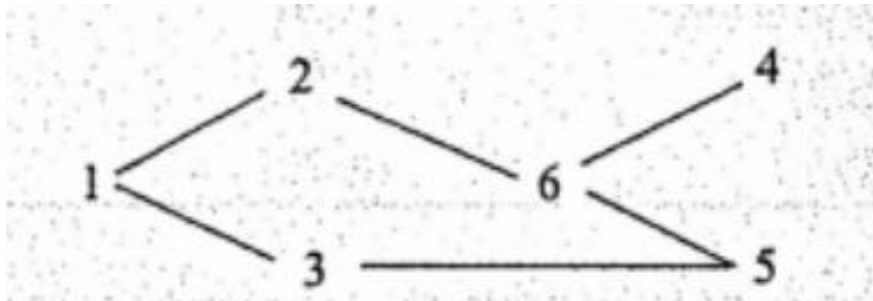
第一步：列出关系密切程度分类表（只考虑 A 和 X）

A	X	A	X	A	X
1-2	1-4	2-6	3-4	4-6	
1-3	3-6	3-5		5-6	

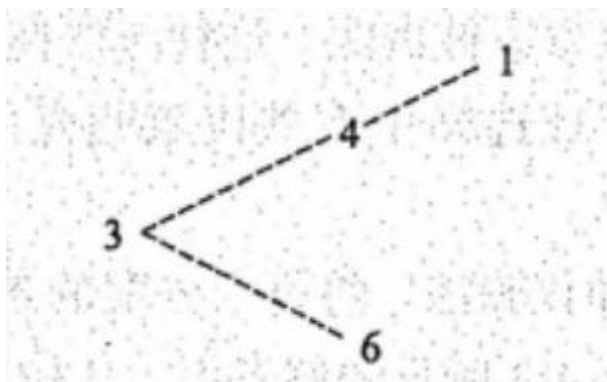
第二步：根据列表编制主联系簇，从关系“A”出现最多的部门开始，如本例的部门6出现3次，首先确定部门6，然后将与部门6的关系密切程度为A的一一联系在一起。



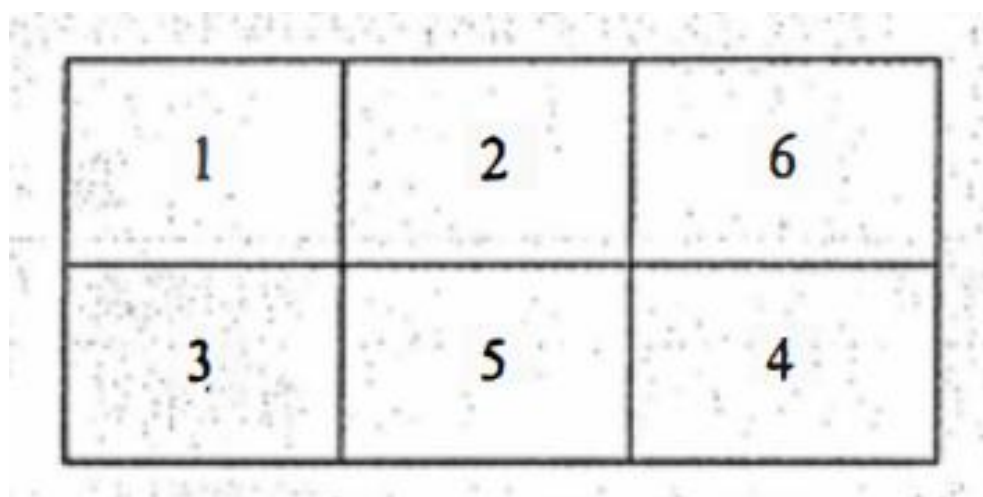
第三步：考虑其他“A”关系部门，如能加在主联系簇上就尽量加上去，否则画出分离的子联系簇。



第四步：画出“X”关系联系图。



第五步：根据联系簇图和可供使用的区域，用实验法安置所有部门。



五、从-至表法

从-至（from-to）表是一种常用的生产和服务设施布置方法。利用从-至表列出不同部门、机器或设施之间的相对位置，以对角线元素为基准计算各工作点之间的相对距离，从而找出整个单位或生产单元物料总运量最小的布置方案。这种方法比较适合于多品种、小批量生产的情况。

其基本步骤如下：

选择典型零件，制定典型零件的工艺路线，确定所用机床设备。

制定设备布置的初始方案，统计出设备之间的移动距离。

确定出零件在设备之间的移动次数和单位运量成本。

用实验法确定最满意的布置方案。

【例题】有一单位由A、B、C、D、E五个部门组成，初始方案为按照A、B、C、D、E的顺序排列。加工零件在各个部门之间的移动次数见下表。试用从-至表法重新布置该单位各部门的位置。

从	至				
	A	B	C	D	E
A		1	4		1
B	2		1	1	
C		2		3	1
D					4
E	1	1		2	

【例题】首先计算出初始方案的总移动量。表中对角线右上方诸格所列数字代表零件加工沿部门排列顺向的移动次数,对角线左下方诸格所列数字代表零件加工沿部门排列逆向的移动次数。

顺向移动格距: $(1+1+3+4) \times 1=9$ $(4+1+1) \times 2=12$ $1 \times 4=4$

逆向移动格距: $(2+2+2) \times 1=6$ $1 \times 3=3$ $1 \times 4=4$

总计: $25+13=38$

【例题】

根据上述最佳布置原则,应将移动次数多的两个部门相邻布置,经过调整之后的部门排列顺序见下表。再据此计算总移动量。

从	至				
	B	A	C	D	E
B		2	1	1	
A	1		4		1
C	2			3	1
D					4
E	1	1		2	

调整后的方案总移动量计算如下。

顺向移动格距: $(2+4+3+4) \times 1=13$ $(1+1) \times 2=4$ $(1+1) \times 3=6$

逆向移动格距: $(1+2) \times 1=3$ $2 \times 2=4$ $1 \times 3=3$ $1 \times 4=4$

总计: $23+14=37$

改进方案后减少了总移动量。经过有限次的移动后,可以找到最满意的方案(即总移动量最小的布置方案)。

六、线性规划方法

利用线性方程解决总的物料搬运成本最低的问题。一般来说,该问题用人工求解是极为困难的。不过,现在市场上有许多软件公司开发出来的优化软件包,如LINGO,可以非常方便地解决这些问题。

七、重心法

【例题】腾辉公司是一家生产汽车空调的公司,现在不同地方有三家工厂 A、B、C 生产 XB-300

型产品。最近，公司决定新建一个工厂 D，为 A、B、C 三个厂生产配套的压缩机，已知现有三个工厂的位置及需求量，用重心法确定工厂 D 的位置。

工厂	X 坐标	Y 坐标	年需求量
A	150	75	6000
B	100	300	8200
C	275	380	7000

用重心法求得工厂 D 的坐标为

$$C_X = \frac{150 \times 6000 + 100 \times 8200 + 275 \times 7000}{6000 + 8200 + 7000} \approx 172 \quad C_Y = \frac{75 \times 6000 + 300 \times 8200 + 380 \times 7000}{6000 + 8200 + 7000} \approx 263$$

重心法追求新设施点到已有设施点之间的物料运输量最小。重心法的第一步是建立一个坐标系，将现有的设施标在坐标系上，测量出它们的坐标。然后分析、确定运输量。继而通过计算重心坐标求得新设施的位置。

重心坐标的计算公式为

$$C_X = \frac{\sum d_{ix} v_i}{\sum v_i}, C_Y = \frac{\sum d_{iy} v_i}{\sum v_i}$$

式中， C_X 为重心的 X 坐标； C_Y 为重心的 Y 坐标； d_{ix} 为第 i 个点的 X 坐标； d_{iy} 为第 i 个点的 Y 坐标； v_i 为运入第 i 个地点或从第 i 个地点运出的货物量。

重心法是一种为单个设施选址或单个设施布置的技术，需要考虑现有设施的位置、它们之间的距离以及货物运输量等因素。

该方法常用于中间仓库或分销中心的选址上，也常用于在现有设施中间增加一个新设施的布置问题。

讲解归纳与举例

例：【判断题】从-至（from-to）表法比较适合于多品种、小批量生产的情况。

【答案】对

【解析】从-至（from-to）表是一种常用的生产和服务设施布置方法。利用从-至表列出不同部门、机器或设施之间的相对位置，以对角线元素为基准计算各工作点之间的相对距离，从而找出整个单位或生产单元物料总运量最小的布置方案。这种方法比较适合于多品种、小

批量生产的情况。

4.4 装配线平衡

一、装配线平衡的概念

装配线平衡，又称工序同期化，是对于某装配流水线，在给定流水线的节拍后，求出装配线所需工序的工作地数量和用工人数最少的方案。

装配线平衡问题还可以表述为：对于特定的产品，给定工作地数量，求出使流水线节拍最小的配置方案。

这两种表达方式都是要使各工作地的单件作业时间尽可能接近节拍或节拍的整数倍。

进行装配线时间平衡是为了解决：浪费时间资源；忙闲不均，引起矛盾；浪费人力资源。

二、装配线节拍的计算

装配线节拍是指装配线上连续出产两件相同制品的时间间隔，它是反映流水线的生产速度和生产率的重要参数。其计算公式为：

$$r = \frac{\text{计划期有效工作时间}}{\text{计划期内计划产量}} = \frac{F_e}{N} = \frac{F_0 \cdot \eta}{N} \text{ (分钟 / 件)}$$

式中， r 为流水线的平均节拍（分/件）； F_e 为计划期有效工作时间（分）； N 为计划期预计出产的合格产品产量（件）； F_0 为计划期制度工作时间（分）； η 为时间有效利用系数。

【例题】某流水线计划日产量为 150 件，采用两班制生产，每班规定有 21 分钟停歇时间，计划不合格品率为 2%。每个工作班按 8 小时计，计算该流水线的节拍。

解：

$$r = \frac{\text{计划期有效工作时间}}{\text{计划期内计划产量}} = \frac{F_e}{N} = \frac{8 \times 2 \times 60 - (21 \times 2)}{150 \times (1 + 0.02)} \approx 6 \text{ (分钟 / 件)}$$

三、装配线平衡的方法

以适当的方式将装配线上若干个相邻工序合并成一个大工序（又称工作地），并使这些大工序的作业时间接近或等于装配线的节拍。具体步骤如下：

1. 确定装配流水线节拍。
2. 计算装配线上需要的最少工作地数。

$$S_{\min} = \left\lceil \frac{\sum t_i}{r} \right\rceil$$

3. 组织工作地。按以下条件向工作地分配小工序：①保证各工序之间的先后顺序；②每个工作地分配到的工序作业时间之和，不能大于节拍；③各工作地的作业时间应尽量接近或等于节拍；④应使工作地数目尽量少。
4. 计算工作地时间损失系数、平滑系数。

$$\varepsilon_l = \frac{S \times r - \sum_{i=1}^S T_i}{S \times r} \times 100\% \quad SI = \sqrt{\sum_{i=1}^S (T_{\max} - T_i)^2}$$

三、装配线平衡的方法

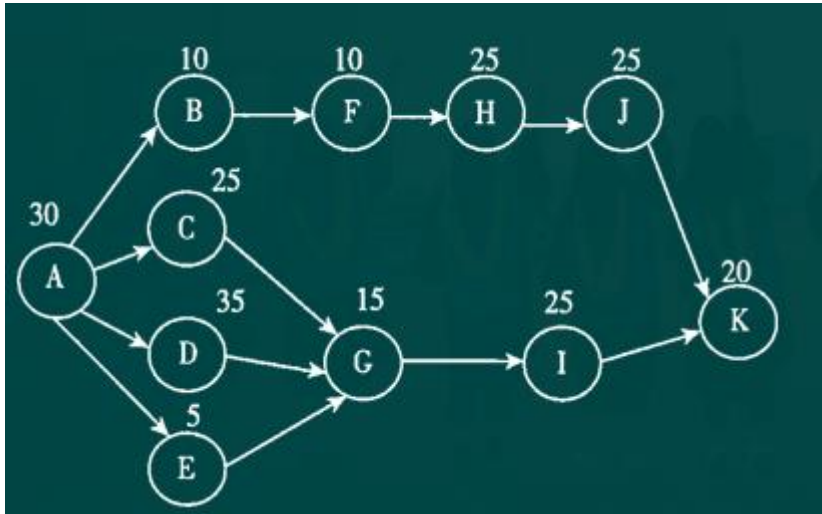
【例题】某公司生产一种收音机，总装该收音机的装配线工序、工序间的先后关系及其单件作业时间如下表所示。要求装配流水线的节拍为每台 50 秒，试对这条装配线进行组织设计。

三、装配线平衡的方法

【例题】某公司生产一种收音机，总装该收音机的装配线工序、工序间的先后关系及其单件作业时间如下表所示。要求装配流水线的节拍为每台 50 秒，试对这条装配线进行组织设计。

工序	内容	时间/秒	紧前工序
A	检查插件板	30	无
B	安装电源	10	A
C	插入组件一	25	A
D	插入组件二	35	A
E	插入组件三	5	A
F	拧紧电源的固定螺丝	10	B
G	焊接组件	15	C、D、E
H	装上电线	25	F
I	清理焊接处	25	G
J	插入控制开关	25	H
K	安上盖子	20	I、J
合计		225	

(1) 画出装配线作业先后顺序图



(2) 确定装配线的节拍: $r=50$ (秒/台)

(3) 计算最小工作地数: $S_{\min} = \lceil 225/50 \rceil = \lceil 4.5 \rceil = 5$

(4) 组织工作地

根据装配作业顺序图, 用试算法进行工作地重新划分, 共划分出以下 5 个工作地。

工作地 I: A、B、F, 工作地时间为 50 秒。

工作地 II: D、E, 工作地时间为 40 秒。

工作地 III: C、G, 工作地时间为 40 秒。

工作地 IV: H、I, 工作地时间为 50 秒。

工作地 V: J、K, 工作地时间为 45 秒。

(5) 计算装配线的时间损失系数和平滑系数

$$\varepsilon_L = \frac{S \times r - \sum_{i=1}^s T_i}{S \times r} \times 100\% = \frac{5 \times 50 - 225}{5 \times 50} \times 100\% = 10\%$$

$$SI = \sqrt{\sum_{i=1}^s (T_{\max} - T_i)^2} = \sqrt{(50 - 50)^2 + (50 - 40)^2 + (50 - 40)^2 + (50 - 50)^2 + (50 - 45)^2} = 15$$

讲解归纳与举例

例: 【多选题】进行装配线时间平衡主要是为了解决 ()

A. 工作效率高

B. 浪费时间资源

- C. 忙闲不均，引起矛盾
- D. 浪费人力资源
- E. 工作量均衡

【答案】BCD

【解析】进行装配线时间平衡是为了解决：浪费时间资源；忙闲不均，引起矛盾；浪费人力资源。

4.5 服务设施布置

一、办公室布置

1. 办公室与生产制造系统相比的特点

1) 办公室工作的处理对象主要是信息以及组织内外的来访者，因此，信息的传递和交流方便与否，来访者办事是否方便、快捷是主要的考虑因素。

2) 在办公室，工作效率的高低往往取决于人的工作速度，而办公室布置，又会对人的工作速度产生极大的影响。

3) 在办公室布置中，同一类工作任务可选用的办公室布置有多种，包括房间的分割方式、每人工作空间的分割方式、办公家具的选择和布置形式等。

2. 办公室布置的主要考虑因素

1) 信息的传递与交流。既包括各种书面文件、电子信息的传递，也包括人与人之间的信息传递和交流。对于需要跨越多个部门才能完成的工作，部门之间的相对地理位置也是一个重要问题，这一点与生产系统相似。

2) 办公室人员的劳动生产率。当办公室人员主要是由高智力、高工资的专业技术人员构成时，劳动生产率的提高就具有更重要的意义。而办公室布置，会在很大程度上影响办公室人员的劳动生产率。

3. 办公室布置的几种基本模式

1) 传统的封闭式办公室。办公楼被分割成多个小房间，伴之以一堵堵墙、一扇扇门和长长的走廊。

2) 开放式办公室布置。在一间很大的办公室内，可同时容纳一个或几个部门的十几人、几十人甚至上百人共同工作。

3) 带有半截屏风的组合办公模块。这种布置既利用了开放式办公室布置的优点，又在

某种传递上避免了开放式布置情况下的相互干扰、闲聊等弊病。

4)“活动中心”的新型办公室布置。在每一个活动中心,有会议室、讨论间、电视电话、接待处、打字复印、资料室等进行一项完整工作所需的各种设备。

5)“远程”办公。所谓“远程”办公,是指利用信息技术,将处于不同地点的人们联系在一起,共同完成工作。

二、零售服务业设施布置

1. 环境条件

环境条件是指服务场所的背景特征,如温度、音乐、照明、噪声等。环境条件不仅影响顾客对服务的满意程度、顾客的逗留时间以及顾客的消费,也会影响员工的行为和工作效率。

因此,应综合考虑照明、色彩、音响、通风、调温、清洁卫生等因素,甚至绿化、水景等景观设计元素,来营造舒适的服务场所,以便吸引顾客、留住顾客。

2. 空间布置及其功能

空间布置及其功能是指服务场所的整体布局及其功能分区,良好的空间布置既可以突出商品特征,使顾客产生购买欲望,又方便顾客挑选和购买。一般空间布置的内容涉及以下三个方面。

(1)空间分配。空间布置首先是要对服务场所进行合理分割,也就是划分功能分区、确定不同分区的面积大小和相对位置,合理的分区对于提高销售额有着重要意义。

(2)顾客通道设计。通道设计就是对顾客行走路径进行设计,目的就是要给顾客提供一条路径,使他们能够尽可能多地看到商品,并沿着这个路径安排各项服务,其内容包括确定通道类型、通道数目和通道宽度。

空间布置及其功能是指服务场所的整体布局及其功能分区,良好的空间布置既可以突出商品特征,使顾客产生购买欲望,又方便顾客挑选和购买。一般空间布置的内容涉及以下三个方面。

(3)商品布局。商品布局是指各大类商品在营业场所内的位置安排。零售店的特色不仅在于所经营的商品独特,还在于商品陈列的与众不同。

3. 招牌和标志

招牌和标志设计的主要目的是吸引各种类型的顾客进店购买,其设计应该新颖别致,具有独特风格。

首先是店面名称,其次是店面标志,还可以通过建筑风格和户外广告来彰显店面的形象,通过内部装饰来突出特点。

讲解归纳与举例

例:【判断题】办公室布置的考虑因素与生产制造系统完全不相同。

【答案】错

【解析】对于需要跨越多个部门才能完成的工作,部门之间的相对地理位置也是一个重要问题,这一点与生产系统相似。

例:【单选题】不属于空间布置内容的是()

- A. 空间分配
- B. 顾客通道设计
- C. 商品布局
- D. 招牌和标志

【答案】D

【解析】空间布置及其功能是指服务场所的整体布局及其功能分区,良好的空间布置既可以突出商品特征,使顾客产生购买欲望,又方便顾客挑选和购买。一般空间布置的内容涉及空间分配、顾客通道设计和商品布局三个方面。

第5章 需求管理与生产计划

本章重难点分析

- 一、理解企业的生产计划与控制系统
- 二、领会预测在需求管理中的用途和实施方式
- 三、掌握生产能力的概念和计算
- 四、理解 MTS 企业和 MTO 企业在编制生产计划上的不同

5.1 需求管理

- 一、需求管理的概念

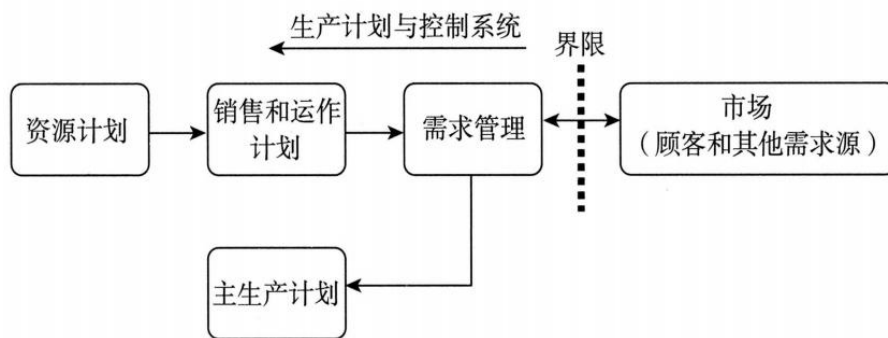
需求管理是企业生产计划与控制系统衔接市场、工厂、仓库和客户之间的桥梁。其内容包括：

- (1) 预测顾客需求、输入订单、进行产品决策。
- (2) 与顾客协商交货期、确认订单状态、订单变更的沟通。
- (3) 确定需求的各种来源，包括服务性零部件需求、内部需求、促销库存和其他渠道库存需求。

二、需求管理的重要性

需求管理是企业生产计划与控制系统和市场之间的关键桥梁，是企业生产运作系统与市场接触的最前端。

需求管理承担着与顾客沟通并收集顾客需求信息的责任，然后将外部需求与企业的销售和运作计划模块及主生产计划模块紧密联系。



三、不同生产类型下的需求管理

1. MTS（备货型生产）环境下的需求管理

在 MTS 环境下，需求管理活动的核心是通过优化产品库存水平来降低缺货率、提高顾客服务水平，从而提高顾客的满意度。企业跟踪整个系统中的库存信息并控制库存水平就成为 MTS 环境下需求管理活动的重点。

2. ATO（按订单装配）环境下的需求管理

在 ATO 环境下，需求管理的主要活动是确定顾客订单的产品可选配置或组合。在 ATO 环境下，对产品的需求要被转换为对零部件的相关需求，以此为根据来安排零部件的生产。所以，衡量客户服务水平就不再是成品库存水平，而是零部件库存水平。

3. MTO（订货型生产）/ETO（按订单开发）环境下的需求管理

而在 MTO 和 ETO 环境下，需要将另外一种资源考虑进来，即工程资源。

在 MTO 和 ETO 环境下，企业在没有接到顾客的订单时，并不知道顾客需要什么、何时需

要的关键信息，因此企业只能在顾客提出订单后，快速地将顾客提出的产品需求转化为有效的生产信息。

也就是说，需求管理在 MTO/ETO 环境下的主要工作就是协调顾客订单与工程资源之间的信息交流。

4. 不同环境下需求管理的核心任务比较

任务	MTS	ATO	MTO/ETO
信息	提供预测信息	提供产品配置管理信息	提供产品定义信息
计划	优化库存水平	交货期设置	提供工程能力需求计划
控制	确保顾客服务水平	满足交货期要求	根据顾客需求调整工程资源

讲解归纳与举例

例：【单选题】控制零部件库存水平是（ ）环境下的需求管理重点。

- A. MTS
- B. ATO
- C. MTO
- D. ETO

【答案】B

【解析】在 ATO（按订单装配）环境下，对产品的需求要被转换为对零部件的相关需求，以此作为根据来安排零部件的生产。所以，衡量客户服务水平的关键是零部件库存水平。

5.2 需求预测的方法

一、预测的定义及分类

预测是对未来可能发生的事件的预计和推测。

根据预测内容的不同，可将预测分为经济预测、技术预测、社会发展预测和市场需求预测等。

根据预测时间的长短，可将预测分为长期预测、中期预测和短期预测。

根据预测的方法不同，可将预测分为定性预测和定量预测。

用于预测的方法很多，而且各种预测方法之间存在着很大的差异，但它们仍有某些共同点。

其一，都假定预测对象所在的系统过去和将来都按相同的规律运行；

其二，都认为预测不可能绝对精确，实际结果往往不同于预测值；

其三，预测的准确性随预测时间的增加而降低。

二、预测的一般程序

预测是由很多相互关联的环节结合而成的有机整体，每一个环节都有其特定的使命。

- (1) 确定预测的目的和用途，它决定了预测的详细程度、准确性和预测费用。
- (2) 确定预测时间覆盖范围，明确是长期预测还是短期预测。
- (3) 选择预测方法或模型。
- (4) 收集和分析供预测用的数据，做好预测的准备工作。
- (5) 计算并分析预测结果。
- (6) 将预测结果用于实际生产计划中，并对预测进行监控，观察是否满足要求。如果预测结果不能满足实际要求，则要重新考虑所选择的预测方法及所使用的数据。

三、常见的预测方法

1. 定性预测方法

定性预测方法也称主观预测法，它简单明了，不需要复杂的数学公式，其主要根据是来源于不同方面的各种主观意见。

(1) 高层主管集体讨论法：将企业各职能部门（如销售、生产、供应、财务、产品开发等）的主管人员召集在一起共同讨论，是一种常用的预测方法。

该方法特别适用于新产品开发和长期预测，它的优点是可以集中各部门主管的意见，集思广益。但其缺点是常带有个人主观臆断，易影响预测的客观性，而且由于是集体讨论，无人对预测的正确性负责。

(2) 销售人员意见征集法：该方法就是将各地区销售人员对未来需求的判断收集起来进行分析，做出预测。因为销售人员经常接触用户，所以他们的信息是预测时有价值的参考因素。

这种方法的主要缺点：一是带有销售人员的主观性；二是销售人员容易受局部和短期销售情况的影响；三是当把销售量作为考核销售人员的指标时，他们就会低估预测值。

(3) 用户意见调查法：该方法是通过邮件、电话或访问的方式对现实和潜在的用户进行调查，了解他们对与本企业相关产品的一类产品及其特性的期望，然后对各种信息进行综合处理，结合本企业的市场占有率得出预测结果。当对新产品或缺少历史数据的产品需求进行预测时，常用这一方法。这种方法的优点是预测来源于用户的期望，较好地反映了市场需求情况，有利于改进和完善产品功能。其主要的缺点则是预测周期长、费钱费力，而且用户的

期望也不等于用户的实际购买行为，有时也会影响预测的正确性。

(4) 专家调查法：其又称德尔菲法，是美国兰德公司于 20 世纪 40 年代提出来的。该方法的实施步骤为：

第一，组成包括经销商和其他权威人士在内的专家小组，一般为 20 人左右，人数不宜多，各专家只和预测人员联系；

第二，提出所要预测的问题及有关要求，必要时附上有关这个问题的背景材料，然后一并寄给各专家；

第三，各专家根据所掌握的资料和经验提出自己的预测意见，并说明自己主要是使用哪些资料提出预测值的，这些意见要以书面材料返回预测人员；

第四，将各专家的第一次预测值和说明列成一个表，并再次分发给各位专家，以便他们比较自己和他人的不同意见，修改自己的意见和判断；

第五，将所有专家的修改意见置于一个修正表内，分发给各位专家做第二次或多次修改；

第六，综合各位专家的意见便可获得比较可靠的预测值。

专家调查法的优点是，能发挥各位专家的作用，集思广益，准确性高，采取单线联系有利于避免偏见，尤其是可避免权威人士的意见对其他人的影响，有利于各专家根据别人的意见修正自己的意见和判断，不至于碍于情面而固执己见。

2. 定量预测方法

(1) 简单移动平均法：就是利用近期的实际数值通过求算术平均值预测未来值，其计算公式为：

$$MA_{t+1} = \frac{A_t + A_{t-1} + \dots + A_{t-n+1}}{n}, t \geq n$$

式中， MA_{t+1} 为预测值； n 为移动平均的时间段数； A 为第 i 期的实际值， $i=t-n+1, \dots, t-1, t_0$

2. 定量预测方法——简单移动平均法

【例题】 已知某公司 1~5 月的销售数据如下表所示。取移动平均的时段数 $n=3$ ，分别计算预测值。

月份	销售量/台
1	42
2	40
3	43
4	40
5	41

解：已知 $n=3$ ，则以 1 月、2 月、3 月三个月为基础计算 4 月的预测值：

$$MA_4 = \frac{43 + 40 + 42}{3} \approx 41.67(\text{台})$$

以 2 月、3 月、4 月三个月为基础计算 5 月的预测值：

$$MA_5 = \frac{40 + 43 + 40}{3} = 41(\text{台})$$

【例题】根据表中的数据，采用一次指数平滑法，分别取 $\alpha = 0.1$ 和 $\alpha = 0.4$ ，求各期的预测值，并计算预测误差（各期实际值-各期预测值）。

三、常见的预测方法

时间	实际销售量	$\alpha=0.1$		$\alpha=0.4$	
		预测值	误差	预测值	误差
1	42				
2	40	42	-2	42	-2
3	43	41.8	1.2	41.2	1.8
4	40	41.92	-1.92	41.92	-1.92
5	41	41.73	-0.73	41.15	-0.15
6	39	41.66	-2.66	41.09	-2.09
7	46	41.39	4.61	40.25	5.75
8	44	41.85	2.15	42.55	1.45
9	45	42.07	2.93	43.13	1.87
10	38	42.35	-4.35	43.88	-5.88
11	40	41.92	-1.91	41.53	-1.53
12		41.73		40.92	

从计算结果可以看出， $\alpha = 0.1$ 时的预测值变化较平稳，而 $\alpha = 0.4$ 时的预测值更接近实际销

售量。

2. 定量预测方法——一次指数平滑法

【例题】

确定 α 值时应注意以下几点。

(1) 当初始值有疑问时应取较大的 α 值，以便扩大近期数据的作用，减少初始值的影响，一般取 0.4~0.7。

(2) 当时间序列有迅速且明显的变化趋势时，宜取较大的 α 值，以便使新数据对平滑结果有较大的作用，一般取 0.3~0.6。

(3) 当时间序列变化较小时，宜取较小的 α 值，一般取 0.1~0.3。

(3) 季节性预测模型：有的产品随季节的变化而有很大的波动，此时就不宜采用各种平均计算的方法进行预测，而应选用计算季节指数的方法来预测。

2. 定量预测方法——季节性预测模型

【例题】某公司 2020 年和 2021 年各个季度的销售数据如表所示，计算 2022 年各季度的预测值。

2020 年		2021 年	
季度	销售量/台	季度	销售量/台
第一季度	300	第一季度	520
第二季度	200	第二季度	420
第三季度	220	第三季度	400
第四季度	530	第四季度	700

时间	实际值/台	由趋势方程求出的数值/台	实际值/趋势值
2020 年	第一季度	225	$300/225 \approx 1.33$
	第二季度	280	$200/280 \approx 0.71$
	第三季度	335	$220/335 \approx 0.66$
	第四季度	390	$530/390 \approx 1.36$
2021 年	第一季度	445	$520/445 \approx 1.17$
	第二季度	500	$420/500 = 0.84$
	第三季度	555	$400/555 \approx 0.72$
	第四季度	610	$700/610 \approx 1.15$

第一步：根据历史数据求出趋势方程 $Y_t = 170 + 55t$

第二步：求出季节因子

第一季度：(1.33+1.17) /2=1.25。

第二季度：(0.71+0.84) /2≈0.78。

第三季度：(0.66+0.72) /2=0.69。

第四季度：(1.36+1.15) /2≈1.26。

第三步：计算 2022 年各季度的预测值

第一季度：(170+55×9) ×1.25≈831。

第二季度：(170+55×10) ×0.78≈562。

第三季度：(170+55×11) ×0.69≈535。

第四季度：(170+55×12) ×1.26≈1046。

四、预测误差的度量

记预测对象的第 i 个实际观察值为 Y_i ，由预测模型得到的相应的估计值为 \hat{Y}_i ，则预

测的误差为 $e_i = Y_i - \hat{Y}_i$ 。实际设计预测方案的一项重要任务就是，尽量使误差减少到最低限度，也就是尽可能地提高预测精度。

标准统计度量有以下几种形式。

(1) 平均误差 (ME)：预测误差的值的平均值。

$$ME = \frac{\sum_{i=1}^n e_i}{n}$$

$$\sum_{i=1}^n e_i$$

式中 $\sum_{i=1}^n e_i$ 称为游动预测误差 (RSFE)。如果预测是无偏的，则 RSFE 应该比较接近于零，即 ME 应接近于零。因而 ME 可以用于衡量预测模型的无偏性，但它不容易反映出预测值的偏离情况。

(2) 平均绝对误差 (MAE)：预测误差绝对值的值的平均值。

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |e_i|}{n}$$

MAE 能较好地反映预测的精度，但它不容易衡量无偏性。

(3) 误差平方和 (SSE): 预测误差平方的和。

$$SSE = \sum_{i=1}^n e_i^2$$

(4) 均方误差 (MSE): 预测误差平方的和的平均值。

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^n e_i^2}{n}$$

MSE 与 MAE 类似，虽可以较好地反映预测的精度，但它不容易衡量无偏性。

(5) 误差的标准差 (SDE)。

$$SDE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n e_i^2}{n-1}}$$

四、预测误差的度量

上述各种统计度量指标都有一定的局限性，对于预测模型预测精度的测定，变更的办法是采用相对度量。常用的相对度量指标有以下三种。

(1) 百分误差 (PE)。

$$PE_i = \left(\frac{Y_i - \hat{Y}_i}{Y_i} \right) \times 100$$

(2) 平均百分误差 (MPE)。

$$MPE = \frac{\sum_{i=1}^n PE_i}{n}$$

(3) 平均绝对百分误差 (MAPE)。

$$MAPE = \frac{\sum_{i=1}^n |PE_i|}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n \left| \frac{Y_i - \hat{Y}_i}{Y_i} \right|}{n} \times 100$$

讲解归纳与举例

例：【多选题】下列属于定量预测方法的是（ ）

- A. 用户意见调查法
- B. 德尔菲法
- C. 简单移动平均法
- D. 一次指数平滑法
- E. 季节性预测模型

【答案】CDE

【解析】AB 为定性预测方法。

5.3 生产能力的确定

【生产能力】是指企业的固定资产或作业人员，在一定时期内和一定的技术组织条件下，经过综合平衡后所能生产一定种类产品的最大数量。

根据不同情况，生产能力分为设计能力、查定能力、现实能力。设计能力是新建或扩建企业时设计任务书中规定的生产能力；当企业产品方案、设备条件和技术组织发生较大变化后，原有设计能力已不能反映实际情况，需要重新调查和核定生产能力，就是查定能力；现实能力是计划年度内实际可达到的能力，是编制生产计划的依据。

国外有人将生产能力分为固定能力和可调能力两种，前者是指固定资产所表示的能力，

是生产能力的上限；后者是指以劳动力数量和每天工作时间及班次所表示的能力，是在一定范围内调整的。

一、生产能力的表示

大部分情况下，生产能力都可以用企业生产的产品或提供服务所需设施来表示。

对于流程式生产，生产能力是一个比较准确和清晰的概念，生产能力就用出产的产品数量表示。

对于加工装配式生产，生产能力则是一个模糊的概念。不同的产品组合，表现出的生产能力不一样。

对于大量生产，品种单一，可用具体产品数表示生产能力。

对于成批生产，品种数少，可用代表产品表示生产能力。

对于多品种生产，则只能以假定产品表示生产能力。

1. 代表产品

在结构与工艺相似的多品种的系列产品中，选择产量与劳动量乘积最大的产品作为代表产品，将其他产品按劳动量换算为用代表产品表示的数量。

【例题】设有 A、B、C、D 四种产品，其年计划产量和各产品的台时定额如表示。试换算为用代表产品表示的产量。

产品	计划年产量	单位产品台时定额
A	50	20
B	100	30
C	125	40
D	25	80
合计	300	

产品 C 的产量与台时定额的乘积最大，所以选 C 为代表产品。下面将各产品换算成用代表产品表示的产量。

产品 A： $50 \times (20/40) = 25$ （台），即 50 台产品 A 按劳动量消耗比例关系相当于 25 台产品 C。同理可得：

产品 B： $100 \times (30/40) = 75$ （台）。

产品 C： $125 \times (40/40) = 125$ （台）。

产品 D: $25 \times (80/40) = 50$ (台)。

折合成产品 C 的产量是: $25+75+125+50=275$ (台)。

2. 假定产品

假定产品是实际上并不存在的产品, 只是为了结构与工艺差异大的产品有一个统一的计量单位。假定产品工时定额计算方法是

$$t_j = \left(\sum_{i=1}^n t_i \cdot Q_i \right) / \sum_{i=1}^n Q_i$$

式中, t_j 为假定产品的工时定额; t_i 为产品 i 的工时定额; Q_i 为产品 i 的产量。

2. 假定产品

以前文的数据为例, 假定产品的工时定额为

$$t_j = (50 \times 20 + 100 \times 30 + 125 \times 40 + 25 \times 80) / 300 \approx 36.67 \text{ (台时)}$$

然后将各产品的计划产量折合为假定产品的产量。

产品 A: $50 \times (20/36.67) \approx 27$ (台)。 产品 B: $100 \times (30/36.67) \approx 82$ (台)。

产品 C: $125 \times (40/36.67) \approx 136$ (台)。 产品 D: $25 \times (80/36.67) \approx 55$ (台)。

按假定产品得出的产量为 300 台, 与具体产品得出的年产量之和相等。于是, 只要知道各种具体产品的年产量之和, 就能知道假定产品的年产量。

二、生产能力的计算

1. 设备组生产能力计算

设备组生产能力计算的公式为

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

式中, M 为设备组的生产能力; F_e 为单台设备有效工作时间; S 为设备台数; t 可以为具体产品的单件工时, 也可以为代表产品的单件工时, 或者为假定产品的单件工时。

2. 人力生产能力计算

对于以手工操作为主的场合, 如大部分的服务业企业, 则应计算人力生产能力。计算公

式为

$$C_p = \alpha(1 + \beta)MT$$

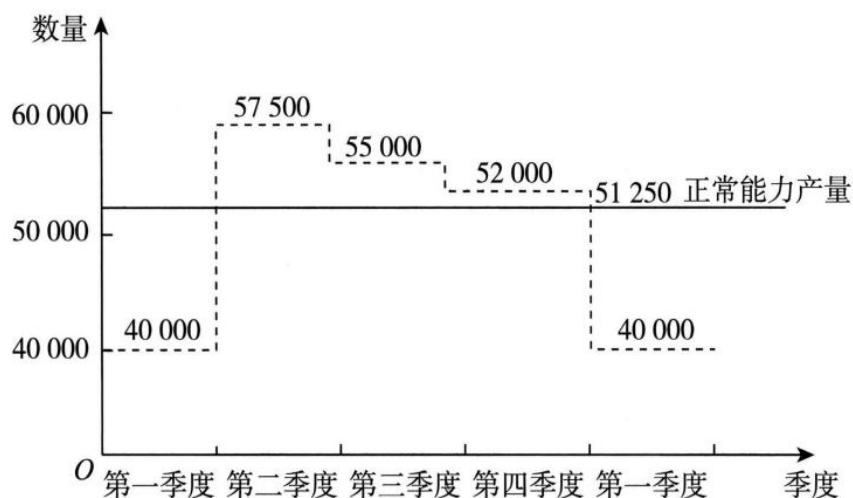
式中， C_p 为生产能力（小时数）； α 为出勤率； M 为换算人数（将不同技术等级的工人换算为以标准技术等级表示的人数）； T 为计划期制度工作时间； β 为间接作业率（非生产时间与 T 的比值）。

三、生产能力与生产任务平衡

计算生产能力的目的是衡量生产计划的可行性，因此要进行生产能力与生产任务的平衡。

如果生产能力满足不了计划任务的要求，应采取一定的措施扩大生产能力；如果生产能力大于计划任务，则应设法利用生产能力，以免造成无端的浪费。

生产能力与生产任务的平衡的方式有产量平衡和时间平衡。



四、生产能力规划

从企业发展的角度出发，管理人员还应根据中长期需求预测和中长期生产计划，做好扩大生产能力的规划，以使企业获得长期利润最大化，这是生产战略中的一个重要内容。

制订生产能力规划，企业应考虑扩大生产能力所需要的投资和机会成本之间的平衡。一般而言，扩大生产能力必须增加一定的投资，还会增加生产能力运行期间的维护费用，这都会增加产品成本，这就是能力扩大成本。另外，如果不增加生产能力，则会失去一部分市场份额和销售收入，给企业带来一定的损失，这种损失就是机会成本。

生产能力规划就是要综合考虑这些成本，寻求最佳方案。

讲解归纳与举例

例：【判断题】代表产品是实际上并不存在的产品，只是为了结构与工艺差异大的产品有一个统一的计量单位。

【答案】错

【解析】代表产品是在结构与工艺相似的多品种的系列产品中，选择产量与劳动量乘积最大的产品。假定产品是实际上并不存在的产品，只是为了结构与工艺差异大的产品有一个统一的计量单位。

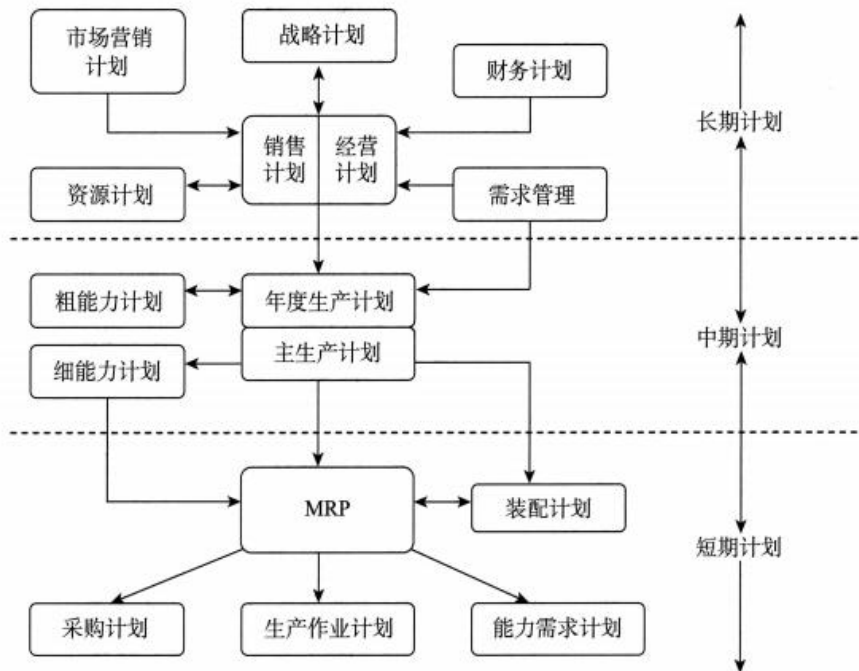
5.4 生产计划的体系结构

一、生产计划体系

长期计划是企业的最高层管理部门制订的计划，它涉及产品发展方向、生产发展规模、技术发展水平、新生产设施的建造等。

中期计划是企业中层管理部门制订的计划，确定现有条件下生产经营活动应该达到的目标，如产量、品种、产值、利润等，具体表现为生产计划、能力计划和主生产计划。

短期计划是执行部门编制的计划，确定日常生产经营活动的具体安排，常以MRP、能力需求计划和生产作业计划等来表示。



二、生产计划指标体系

生产计划主要的任务是回答生产什么、生产多少、何时生产等问题，具体由一系列的指标表示，故称为生产计划的指标体系。生产计划指标体系的主要内容有品种、产量、质量、产值指标和出产期。

(1) 品种指标。品种指标是指企业在计划期内出产产品的品名、规格、型号和种类数，它涉及“生产什么”的决策。确定品种指标是编制生产计划的首要问题，关系到企业的生存和发展。

(2) 产量指标。产量指标是指企业在计划期内出产的合格品数，它涉及“生产多少”的决策，关系到企业能获得多少利润。

(3) 质量指标。质量指标是指企业在计划期内产品质量应达到的水平，常采用“一等品率”“合格品率”“废品率”等指标表示。

(4) 产值指标。产值指标是指企业在计划期内应完成任务的货币表现。根据具体内容和作用的不同，其可分为商品产值、总产值和净产值指标。

(5) 出产期。出产期是指为了保证按期交货确定的产品出产日期。正确地决定出产期很重要。因为出产期太紧，保证不了按期交货，不但会给用户带来损失，企业自己的信誉也会受损；出产期太松，不利于争取用户，还会造成生产能力的浪费。

对于 MTO 企业，确定交货期和产品价格是主要的决策；对于 MTS 企业，主要的是确定产品品种和产量。

三、制订生产计划的步骤

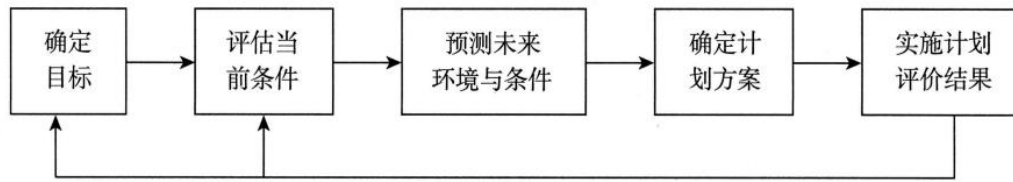
(1) 确定目标。要根据报告期计划的执行情况，来确定计划期的目标。目标要尽可能具体、明确、简洁。

(2) 评估当前条件是指要了解现状与目标有多大的差距。当前条件包括外部环境 with 内部条件。

(3) 预测未来的环境和条件。

(4) 确定计划方案包括拟订多个可行计划，并从中选优。

(5) 实施计划，评价结果。



讲解归纳与举例

例：【判断题】对于 MTO 企业和 MTS 企业而言，生产计划的重点不同。

【答案】对

【解析】对于 MTO 企业，确定交货期和产品价格是主要的决策；对于 MTS 企业，主要的是确定产品品种和产量。

5.5 生产计划制订的方法

一、MTS 企业生产计划的制订

1. 产品年度生产计划的制订

(1) 品种的确

对于大量大批生产，品种数很少，而且所生产的产品品种一般是市场需求量很大的产品，所以通常没有品种选择问题。

对于多品种中批量生产，则有品种选择问题。确定生产什么品种的产品，对企业的利润水平有至关重要的影响，是十分重要的决策。品种优选就是要确定出最有利于实现企业经营目标的产品，优选可以采用收入利润顺序法。

(2) 产量的确定

在品种一定的情况下，优化各种产品的计划生产数量，使企业利润达到最大化。确定产量水平时，涉及人力、设备、材料、资金等多方面因素的制约，因此，常借用一些数学规划方法来优化产品产量。线性规划是用得较多的方法。

【例题】某厂有三个车间，每个车间有 600 小时的生产能力。现有 6 种产品要生产，每种产品在三个车间的单台加工时间和可获得利润的情况见下表。制订可使利润达到最大的生产计划。

产品	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆
在一车间的加工时间	2	1	0	0	0	1
在二车间的加工时间	0	2	3	2	0	0
在三车间的加工时间	0	0	0	1	2	1
单台产品利润/元	400	600	500	500	300	400

解：设产品 P_i 的年产量为 X_i。目标函数

$$\max Z = 400X_1 + 600X_2 + 500X_3 + 500X_4 + 300X_5 + 400X_6$$

约束条件：

$$2X_1 + X_2 + X_6 \leq 600, 2X_2 + 3X_3 + 2X_4 \leq 600,$$

$$X_4 + 2X_5 + X_6 \leq 600, X_i \geq 0$$

用单纯形法求解，得到

$$X_1 = 0 \text{ (台)}, X_2 = 300 \text{ (台)}, X_3 = 0 \text{ (台)}, X_4 = 0 \text{ (台)}, X_5 = 150 \text{ (台)}, X_6 = 300 \text{ (台)}$$

总利润为：Z = 600 × 300 + 300 × 150 + 400 × 300 = 345000 (元)。

(3) 处理非均匀需求的策略

对于为非均匀需求，即市场需求有波动性，如需求量随季节不同而变化的情况，而企业的生产能力是相对稳定的，要解决这个矛盾，就要研究处理非均匀需求的策略。

第一种是改变需求的方法：

通过改变价格转移需求。通过价格差别转移高峰需求到低峰时期。

推迟交货。将某期间的交货推迟一段时间，同时给顾客一定的价格折扣。

第二种是调整能力的方法：

改变劳动力数量。任务重的时候多雇工，任务轻的时候少雇工。

忙时加班加点，闲时培训。

利用半时工人。

利用库存调节。制造业多采用利用库存调节生产的方法。

转包。

改变“自制还是外购”决策。

2. 产品出产进度计划的编制策略及方法

(1) 产品出产进度计划的编制策略

A. 大量大批生产企业。大量大批生产是典型的备货型生产，它生产的直接目标是补充成

品库存，可以采用改变库存水平的策略。有三种方式分配各季、各月的产量：

均匀分配法。将全年计划产量按平均日产量分配给各月。这种方式适用于需求稳定，生产自动化程度较高的情况。

均匀递增分配法。将全年计划产量按劳动生产率和每季（或每月）平均增长率，分配到各月生产。这种方式适用于需求逐步增加，企业劳动生产率稳步提高的情况。

抛物线递增法。将全年产量按开始增长较快，以后逐渐缓慢的递增方式安排各月任务。

B. 成批生产企业。由于品种较多，各种产品产量相差较大，不能采用大量大批生产企业的方式安排生产。具体可采用以下方法：

对于订有合同的产品，要按合同规定的数量与交货期安排，以减少库存。

对于产量大、季节性需求变动小的产品，可按“细水长流”方式安排。

对于产量小的产品，要权衡库存费用与生产准备费用，确定投产批量，做到经济合理。

同一系列不同规格的产品，当产量较少时，尽可能安排在同一时期内生产，这样可以集中组织通用件的生产。

（2）产品出产进度计划的编制方法

编制生产计划的方法很多，这里介绍一种“排除-试验法”。排除-试验法就是计算出不同生产计划方案的总成本，然后选择实现生产计划总成本最低的计划作为入选方案。

排除-试验法不一定能保证得到最优解，但一般能保证在已掌握的可控因素范围内得到满意解。

【例题】某公司产品的需求量随季节不同而变化，现该公司准备编制 1~6 月的生产计划。对 1~6 月的需求预测及每月工作天数见下表：

月份	需求预测/台	每月工作天数/天
1	1800	22
2	1500	19
3	1100	21
4	900	21
5	1100	22
6	1600	20

【例题】其他数据如下：产品的材料费用为 100 元/台，库存保管费为 1.5 元/（台·月），缺货损失为 5 元/（台·月），如果想把产品转包一些出去，则转包费用为 20 元/台，招聘并培训一个工人的费用为 200 元/人，解聘一个工人的费用为 250 元/人，该产品的加工时间为 5 小时/台，正常工作时间内的工时费用为 4 元/小时，加班时间内的工时费用为 6 元/小时，

生产开始时的期初库存量为 400 台。另外，由于预测的不确定性高，另考虑有 25%安全库存。

首先，编制一个考虑安全库存在内的从需求预测转换为生产安排的初步计划，如表所示。

月份	需求预测/台	每月工作天数/天
1	1800	22
2	1500	19
3	1100	21
4	900	21
5	1100	22
6	1600	20

【例题】

计划方案一：仅改变工人人数，按制度工作时间生产，每个月的生产量等于初步生产计划中安排的出产数量。由于每个月的产量不平衡，所以每个月所需要的工人人数也是变化的，本例约定招聘和解聘均发生在月初。

月份	(1) 计划产量/ 台	(2) 所需生产时 间/小时 (1)×5	(3) 每人每月工 时/小时	(4) 所需人数/ 人 (2)÷(3)	(5) 新增工人/ 人	(6) 招聘费用/ 元 (5)×200	(7) 解聘工人/ 人	(8) 解聘费用/ 元 (7)×250	(9) 正常时间总 费用/元 (2)×4
1	1 850	9 250	176	53	0				37 000
2	1 425	7 125	152	47	0	0	6	1 500	28 500
3	1 000	5 000	168	30	0	0	17	4 250	20 000
4	850	4 250	168	25	0	0	5	1 250	17 000
5	1 150	5 750	176	33	8	1 600	0	0	23 000
6	1 725	8 625	160	54	21	4 200	0	0	34 500
合计						5 800		7 000	160 000

【例题】

计划方案二：工人人数不变，仅改变库存水平，所需人数按 $(8000 \text{ 台} \times 5 \text{ 小时/台}) \div (125 \text{ 天} \times 8 \text{ 小时/天}) = 40 \text{ (人)}$ 确定。由于工人人数不变，每个月的生产量可能高于需求量，也可能低于需求量，因此会出现库存积压或缺货的情况。这个方案就是考虑库存变化对生产费用的影响。注意，只有超过安全库存数量的产品才计入库存费用，为满足当月需求量生产的产品不计入库存费用。

月份	(1) 期初库存 /台	(2) 能力工时 /小时	(3) 实际产量 /台 (2)÷5	(4) 需求预测 /台	(5) 期末库存 /台 (1)+(3) -(4)	(6) 缺货数/ 台	(7) 缺货费用 /元 (6)×5	(8) 安全库存 /台	(9) 超储/台 (5)-(8)	(10) 库存费用 /元	(11) 正常时间 总费用/ 元
1	400	7040	1408	1800	8	0	0	450	0	0	28160
2	8	6080	1216	1500	-276	276	1380	375	0	0	24320
3	-276	6720	1344	1100	-32	32	160	275	0	0	26880
4	-32	6720	1344	900	412	0	0	225	187	281	26880
5	412	7040	1408	1100	720	0	0	275	445	667	28160
6	720	6400	1280	1600	400	0	0	400	0	0	25600
合计							1540			948	160000

【例题】

计划方案三：在正常工作时间内按需求预测量最小的月份（4月）组织生产，确定出所用工人人数后不再改变。工人人数按计划产量最低的月份计算，即（850台×6×5小时/台）÷（125天×8小时/天）≈26（人）。生产能力不足部分采用转包的方式外委生产。

月份	(1) 计划产量/台	(2) 能力工时/小时	(3) 实际产量/台 (2)÷5	(4) 外包数量/台	(5) 外包费用/元 (4)×20	(6) 正常时间 总费用/元
1	1850	4400	880	970	19400	17600
2	1425	3800	760	665	13300	15200
3	1000	4200	840	160	3200	16800
4	850	4200	840	10	200	16800
5	1150	4400	880	270	5400	17600
6	1725	4000	800	925	18500	16000
合计					60000	100000

【例题】

计划方案四：前两个月按人数不变、正常生产时间生产，不足部分通过加班解决。这个计划方案的工人人数很难确定，采用试错法求得为38人。

月份	(1) 期初库存 /台	(2) 能力工时 /小时	(3) 实际产量 /台 (2)÷5	(4) 需求 预测/台	(5) 盈余数/ 台 (1)+(3) -(4)	(6) 加班时间 /小时	(7) 加班费用 /元 (6)×5×6	(8) 安全库存 /台	(9) 超储/台 (5)-(8)	(10) 库存费用 /元	(11) 正常时间 总费用/ 元
1	400	6688	1338	1800	-62	62	1860	450	0	0	26572
2	0	5776	1155	1500	-345	345	10350	375	0	0	23104
3	0	6384	1277	1100	177	0	0	275	0	0	25536
4	177	6384	1277	900	554	0	0	225	329	493	25536
5	554	6688	1338	1100	792	0	0	275	517	776	26752
6	792	6080	1216	1600	408	0	0	400	8	12	24320
合计							12210			1281	151820

综合比较：

计划方案一的总费用为：5800+7000+160000=172800（元）；

计划方案二的总费用为：948+1540+160000=162488（元）；

计划方案三的总费用为：60000+100000=160000（元）；

计划方案四的总费用为：1281+12210+151820=165311（元）。

结论：按总费用最低的原则，计划方案三较好。但须注意，转包生产风险较大，因为不

能控制承包商的行为。若要采取转包生产方式，必须慎重考虑承包商的信誉、能力等问题。

二、MTO 企业年度生产计划的制订

单件小批生产是典型的订货型生产，它的特点是按用户订单的要求，生产规格、质量、价格、交货期不同的专用产品。

与大量大批生产相比，单件小批生产的优势有：

大量大批生产中使用的各种机械设备是专用设备，专用设备是以单件小批生产方式制造的。新产品即使是要进行大量大批生产，在研究与试制阶段，其结构、性能、规格也要做各种改进，只能是单件小批生产方式。

单件小批生产制造的产品大多为生产资料，如大型船舶、电站锅炉、化工炼油设备、汽车厂的流水线生产设备等，它们都是为新的生产活动提供的手段。

1. 接受订货决策

当用户订单到达时，企业要做出接不接、接什么、接多少和何时交货的决策。在做出这项决策时不仅要考虑企业所能生产的产品品种，现已接受任务的工作量，生产能力与原材料、燃料、动力供应状况，交货期要求等，而且要考虑价格是否能接受。因此，这是一项十分复杂的决策。

2. 品种、价格与交货期的确定

(1) 品种的确定。对于单件生产，可采用 0-1 型整数规划来确定要接受的品种。

【例题】已接到 A、B 和 C 三种订货，其加工时间和可获利润如表所示，能力工时为 40 个时间单位，应该接受哪些品种最有利？

产品	A	B	C
加工时间	12	8	25
利润	10	13	25

解：这是一个 0-1 型整数规划问题。决策变量取 0 表示该品种不生产，取 1 表示生产。

求解数学式	$\max 10x_a + 13x_b + 25x_c$	得到：A: $10/12=0.83$
		B: $13/8=1.63$
满足	$12x_a + 8x_b + 25x_c \leq 40$	C: $25/25=1$
	$x_a, x_b, x_c = 0$ 或 1	优选顺序为：B-C-A

(2) 价格的确定。确定价格可采用成本导向法和市场导向法。

成本导向法是以产品成本作为定价的基本依据，加上适当的利润及应纳税金，得出产品价格的一种定价方法。这是从生产厂家的角度出发的定价法，其优点是可以保证所发生的成本得到补偿。但是，这种方法忽视了市场竞争与供求关系的影响，仅在供求基本平衡的条件下比较适用。

市场导向法是按市场行情定价，然后再推算成本应控制的范围。按市场行情，主要是看具有同样或类似功能产品的价格分布情况，然后再根据本企业产品的特点，确定顾客可以接受的价格。按此价格来控制成本，使成本不超过某一限度并尽可能地小。

(3) 交货期的确定。

出产期与交货期的确定对单件小批生产来说十分重要。产品出产后经过发运才能交到顾客手中，交货迅速而准时可以争取顾客。正确设置交货期是保证按期交货的前提条件。

对单件小批生产，设置交货期不仅要考虑产品从投料到出产之间的制造周期，而且要考虑包括设计、编制工艺、设计制造工装、准备大型铸件和采购供应原材料等活动所需的生产技术准备周期。

讲解归纳与举例

例：【单选题】在处理非均匀需求的策略中，属于调节需求的方法是（ ）。

- A. 推迟交货
- B. 改变劳动力数量
- C. 忙时加班加点
- D. 利用半时工人

【答案】A

【解析】在处理非均匀需求的策略中，属于调节需求的方法有通过改变价格转移需求和推迟交货，BCD 为调整能力的方法。

第 6 章 独立需求库存控制

本章重难点分析

- 一、理解库存的定义、作用、分类及三种典型系统
- 二、掌握库存问题的基本模型

三、理解从单周期模型、多周期模型、随机库存问题、确定订货量和订货点的近似法等

6.1 库存及其作用

一、库存的定义

【库存】是指一切暂时闲置的、用于未来目的的、有经济价值的资源。一般来说，物品、人力、机器、资金、信息各方面的资源都有库存问题。

企业物资库存有 3 大类：

原材料库存

在制品库存

成品库存

二、库存的作用

1. 避免缺货，缩短供货周期。
2. 库存可吸收季节性需求波动，使生产过程均衡、平稳。
3. 分摊订货费用。
4. 防止短缺。
5. 通过工序间在制品库存维持生产过程的连续性，防止生产的中断。

库存的不利：占用大量的资金、掩盖了管理中的问题。

库存管理主要解决两个基本问题：何时订货？订货量是多少？

讲解归纳与举例

例：**【多选题】**库存的作用包括（ ）

- A. 避免缺货
- B. 使生产过程均衡、平稳
- C. 揭露管理中的问题
- D. 分摊订货费用
- E. 防止短缺

【答案】 ABDE

【解析】 ABDE 为库存的作用，C 为库存的不利，占用大量的资金、掩盖了管理中的问题。

6.2 库存问题类型及控制策略

一、库存问题的分类

1. 单周期库存和多周期库存

单周期库存又称为一次性订货问题，即某物品在一定时间内只订货一次，消耗完也不再补充订货，如报摊商贩订购日报的问题。

多周期库存又称为重复性订货问题，即对某物品的需求是重复的、连续的，其库存量需要不断地补充，如加油站的油品库存、超级市场卖出的商品等问题。

2. 独立需求和相关需求库存

独立需求是指对某种物品的需求只受企业外部的市场影响而不受其他种类物品的影响，表现出对这种产品需求的独立性。由于需求率受外部环境的影响，因此需求量是不确定的，通常用预测的方法来估算。

相关需求又称非独立需求，是指对某种物品的需求直接依赖于其他种类的物品相关需求发生在企业内部物料转化过程各环节之间，只要知道独立需求与相关需求的对应关系，就可以通过一定的方法精确地计算出相关需求的库存量来。

3. 确定型库存和不确定型库存

如果需求率和订货提前期被视为确定的，发生在这种情况下的库存称为确定型库存问题。

在现实生活中，需求率和提前期都是受市场需求影响的随机变量，如果将需求率和提前期中的任何一个看作随机变量，发生在这种情况下的库存就是不确定型库存问题。

二、库存控制的基本方式

库存控制要解决三个主要问题：

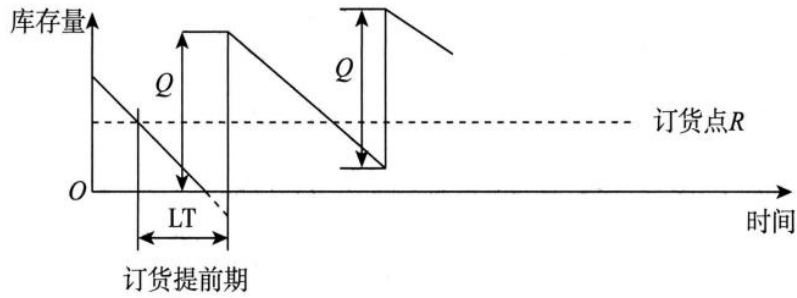
确定库存检查周期

确定订货量

确定订货点（何时订货）

1. 连续性检查库存控制策略

连续性检查库存控制策略又称固定量策略，就是订货点和订货量都为固定量的库存控制策略，即（Q，R）策略。其中的Q表示订货量，R表示订货点，LT表示订货提前期。

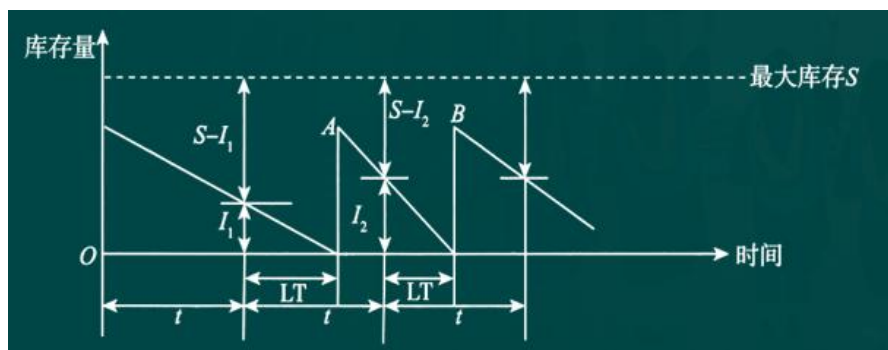


该策略适用于需求量大、缺货费用较高、需求波动性很大的情形。另外，要发现现有库存量是否到达订货点 R ，必须随时检查库存量，这样就增加了管理工作量，但它使库存量得到了严密的控制，因此，适用于价值较高的重要物资的库存控制。

为了减少管理工作量，可采用双仓系统。双仓系统是指将同一种物资分放两仓（或两个容器），其中一仓使用完之后，库存控制系统发出订货，在发出订货后，就开始使用另一仓的物资，直到下一批订单到货，再将物资按两仓存放。

2. 定期检查库存控制策略

定期检查库存控制策略又称为固定间隔期策略。该策略不设订货点，只设固定检查周期和最大库存量。该策略适用于一些不是很重要的或者使用量不大的物资。



固定间隔期策略不需要随时检查库存量，到了固定的间隔期，各种不同的物资可以同时订货。这样，既简化了管理，也节省了订货费用。不同物资的最高库存水平可以不同。

固定间隔期策略的缺点是不论库存水平 I 降得多还是少，都要按期发出订货，当 I 很高时，订货量是很少的。

3. 最大最小库存控制策略

最大最小库存控制策略仍然是一种固定间隔期策略，只不过它需要确定一个最小库存水平 s ，当经过时间间隔 t 时，如果库存降到 s 及以下，则发出订货；否则，再经过时间 t 时再考虑是否发出订货。

4. ABC 分类

ABC 分类法是一种重点管理法，简单易行，在管理中得到广泛的应用。

1) ABC 分类的基本思想

意大利经济学家帕累托在统计社会财富的分配时，发现大约占人口总数 20%左右的人占有社会财富的 80%左右，即所谓 80/20 定律。

物资管理的 ABC 分类法正是在 80/20 定律的指导下，将占用了 65%-80%的价值的 15%-20%的物品划为 A 类；将占用了 15%-20%的价值的 30%-40%的物品划为 B 类；将占用了 5%-15%的价值的 40%-55%的物品划为 C 类。

2) ABC 分类的实施

第一，收集各个品目商品的库存量、单价等数据。

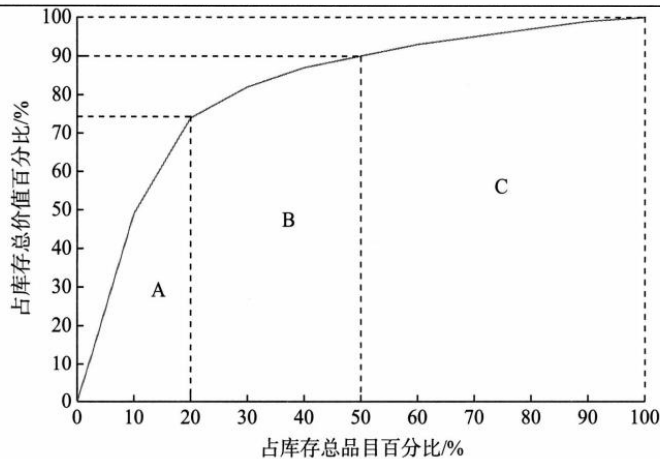
第二，对原始数据进行整理并按要求进行计算。

第三，作 ABC 分类表。在总品目数不太多的情况下，可以用大排队的方法将全部品目逐个列表。

第四，以累计品目百分数为横坐标，累计库存价值百分数为纵坐标，根据 ABC 分类表中的相关数据，绘制 ABC 分析图。

第五，根据 ABC 分析的结果，对 ABC 三类商品采取不同的管理策略。

类别	库存物品	单位价值/美元	月库存量 (以单位计)	库存价值/美元	库存价值 百分比/%	占总品目 百分比/%
A	计算机	3 000	50	150 000	74	20
	娱乐中心	2 500	30	75 000		
	电视机	400	60	24 000		
B	冰箱	1 000	15	15 000	16	30
	显示器	200	50	10 000		
C	单放机	150	60	9 000	10	50
	照相机	200	40	8 000		
	软件	50	100	5 000		
	计算机软件	5	1 000	5 000		
	CD	20	200	4 000		
总计				305 000	100	100



3) ABC 分类的运用

A类物资。应施以尽可能紧的控制，包括最完整、精确的记录，最高的作业优先权，高层管理人员经常检查，小心精确地确定订货量和订货点，紧密的跟踪措施，以使库存时间最短。

B类物资。正常的控制，包括做记录和固定时间的检查；只有在紧急情况下，才赋予较高的优先权；可按经济批量订货。

C类物资。简单的控制，如设立简单的记录或不设立记录，可通过半年或一年一次的盘存来补充大量的库存，给予最低的优先作业次序等。

讲解归纳与举例

例：【判断题】连续性检查库存控制策略又称固定间隔期系统。

【答案】错

【解析】连续性检查库存控制策略又称固定量策略，就是订货点和订货量都为固定量的库存控制策略。

6.3 单周期库存问题的基本模型

一、单周期库存的基本问题

单周期库存控制的关键在于确定订货批量。确定订货批量的主要依据就是对需求的预测。

由于预测误差的存在，根据预测确定的订货量和实际需求量不可能完全一致。如果需求量大于订货量，就会失去潜在的销售机会，产生机会成本。

如果需求量小于订货量，所有未销售出去的物品可能以低于成本的价格出售，这种损失称为超储成本。

最理想的情况是使订货量恰好等于需求量。

二、单周期库存的基本模型

1. 期望损失最小法

期望损失最小法就是比较不同订货量下的期望损失，取期望损失最小的订货量作为最佳订货量。

已知库存物品的单位成本为 C ，单位售价为 P 。若在预定时间内卖不出去，则单价只能降低至 S ($S < P$) 卖出，单位超储成本为 $C_0 = C - S$ ；若需求超过存货，则单位机会成本为 $C_u = P - C$ 。

设订货量为 Q 时的期望损失为 $E_L(Q)$ ，则取使 $E_L(Q)$ 最小的 Q 作为订货量。

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

式中， $p(d)$ 为需求量为 d 时的概率。

【例题】按过去的记录，新年期间对某商店挂历的需求分布概率如下表所示。

需求 d /份	0	10	20	30	40	50
概率 $p(d)$	0.05	0.15	0.20	0.25	0.20	0.15

已知每份挂历的进价为 $C=50$ 元，每份售价为 $P=80$ 元。若在一个月內卖不出去，则每份挂历只能按 $S=30$ 元卖出，求该商店应该买进多少份挂历为好。

解：设应该买进 Q 份挂历。

当实际需求 $d < Q$ 时，将有一部分挂历卖不出去，每份超储成本为 $C_o = C - S = 50 - 30 = 20$ 元。

当实际需求 $d > Q$ 时，将有机会成本，每份机会成本为 $C_u = P - C = 80 - 50 = 30$ 元。

当 $Q=30$ 时，则

$$\begin{aligned} E_L(Q) &= [30 \times (40-30) \times 0.20 + 30 \times (50-30) \times 0.15] + \\ &\quad [20 \times (30-0) \times 0.05 + 20 \times (30-10) \times 0.15 + 20 \times (30-20) \times 0.20] \\ &= 280 \text{ (元)} \end{aligned}$$

当 Q 取其他值时，可按同样的方法计算出 $E_L(Q)$ ，结果如下表，可以得出最佳订货量为 30 份。

订货量 Q	实际需求 d						期望损失 $E_L(Q)$
	0	10	20	30	40	50	
	概率 $p(D=d)$						
	0.05	0.15	0.20	0.25	0.20	0.15	
0	0	300	600	900	1200	1500	855
10	200	0	300	600	900	1200	580
20	400	200	0	300	600	900	380
30	600	400	200	0	300	600	280*
40	800	600	400	200	0	300	305
50	1000	800	600	400	200	0	430

2. 期望利润最大法

期望利润最大法就是比较不同订货量下的期望利润，取期望利润最大的订货量作为最佳订货量。设订货量 Q 的期望利润为 $E_p(Q)$ ，则

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

根据上例，求最佳订货量。

需求 d /份	0	10	20	30	40	50
概率 $p(d)$	0.05	0.15	0.20	0.25	0.20	0.15

解：当 $Q=30$ 时，

$$\begin{aligned} E_P(Q) &= [30 \times 0 - 20 \times 30] \times 0.05 + [30 \times 10 - 20 \times (30 - 10)] \times 0.15 \\ &\quad + [30 \times 20 - 20 \times (30 - 20)] \times 0.20 + 30 \times 30 \times 0.25 \\ &\quad + 30 \times 30 \times 0.20 + 30 \times 30 \times 0.15 \\ &= 575 \text{ (元)} \end{aligned}$$

订货量 Q	实际需求量 d						期望利润 $E_P(Q)$
	0	10	20	30	40	50	
	概率 $p(D=d)$						
	0.05	0.15	0.20	0.25	0.20	0.15	
0	0	0	0	0	0	0	0
10	-200	300	300	300	300	300	275
20	-400	100	600	600	600	600	475
30	-600	-100	400	900	900	900	575*
40	-800	-300	200	700	1200	1200	550
50	-1000	-500	0	500	1000	1500	425

3. 边际分析法

假定原计划订货量为 Q 。考虑追加一个单位订货的情况，由于追加了一个单位的订货，期望损失的变化为

则，

$$\Delta E_L(Q) = E_L(Q+1) - E_L(Q) = 0$$

$$p(D^*) = \frac{C_o}{C_u + C_o}$$

式中， $p(D^*)$ 为累积概率分布函数。

确定了 $p(D^*)$ ，然后再根据经验分布就可以找出最佳的订货量。

【例题】某批发商准备订购一批圣诞树供圣诞节期间销售。该批发商对包括订货费在内的每棵树要支付 2 美元，树的售价为 6 美元。未在节日中售出的树只能按 1 美元出售。节日期间的圣诞树需求量的概率分布如下表所示（批发商的订货量必须是 10 的倍数）。试求该批发商的最佳订货量。

需求量/棵	10	20	30	40
概率	0.10	0.10	0.20	0.35
$p(D)$	1.00	0.90	0.80	0.60

解： $C_o=2-1=1$ （美元） $C_u=2-1=1$ （美元）

$$p(D^*) = \frac{C_o}{C_u + C_o} = \frac{1}{1 + 1} = 0.50$$

实际需求大于 50 棵的累积概率分布为 0.25，再结合求 D^* 的条件，可以求出最佳订货量为 50 棵。

讲解归纳与举例

例：【判断题】如果需求量大于订货量，就会失去潜在的销售机会，产生超储成本。

【答案】错

【解析】如果需求量大于订货量，就会失去潜在的销售机会，产生机会成本。

6.4 确定型均匀需求库存问题的基本模型

一、与库存有关的费用

1. 随库存量增加而增加的费用

1) 资金的成本。库存的资源本身是有价值的，占用了资金。这些资金本可以用于其他活动来创造新的价值，库存使这部分资金闲置起来，造成机会损失。资金成本是维持库存物品本身所必需的花费。

2) 仓储空间费用。要维持库存必须建造仓库、配备设备，还有供暖、照明、修理、保管等开支。这是维持仓储空间的费用。

3) 物品变质和陈旧。在闲置过程中，物品会发生变质和陈旧，如金属生锈、药品过时、

油漆褪色、鲜货变质。这又会造成一部分的损失。

4) 税收和保险。

2. 随库存量增加而减少的费用

1) 订货费用。订货费用与发出订单活动和收货活动有关，包括评判要价、谈判、准备订单、通信、收货检查等，显然，一次订货量越大，分摊在每项物资上的订货费用就越少。

2) 调整准备费。在生产过程中，工人加工零件，一般需要准备图纸、工艺和工具，需要调整机床、安装工艺装备。这些活动都需要时间和费用。若花一次调整准备费，多加工一些零件，则分摊在每个零件上的调整准备费就少。

3) 购买费和加工费。采购或加工的批量大，可能会有价格折扣。

4) 生产管理费。加工批量大，为每批工件做出安排的工作量就会少。

5) 缺货损失费。批量大则发生缺货的情况就少，缺货损失就少。

3. 库存总费用

1) 年维持库存费用 Ch ，是维持库存所必需的费用，包括资金成本、仓库及设备折旧、税收、保险、陈旧化损失等。这部分费用与物品价值和平均库存量有关。

2) 年补充订货成本 Cr ，与全年发生的订货次数有关，一般与一次订多少无关。

3) 年购买费（加工费） Cp ，与价格和订货数量有关。

4) 年缺货损失费 Cs ，反映失去销售机会带来的损失、信誉损失以及影响生产造成的损失。它与缺货多少、缺货次数有关。

年库存总费用： $CT=Ch +Cr+Cp+C_s$

二、基本经济订货批量模型

1. 假设条件

1) 需求是已知的常数，即需求是均匀的；年需求率以 D 表示，单位时间需求率以 d 表示。

2) 不允许发生缺货。

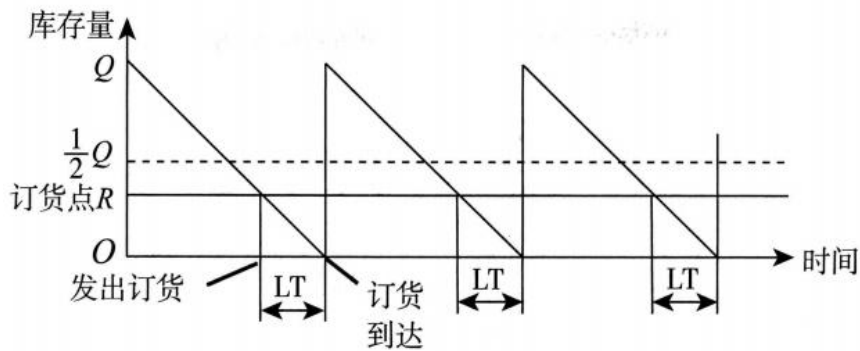
3) 订货提前期是已知的，且为常数。

4) 交货提前期为零，即瞬时交货。

5) 一次订货量无最大最小限制。

6) 订货费用与订货批量无关。

7) 产品成本不随批量变化而变化，即没有数量折扣。



为简单起见，考虑一个年度内的库存总费用，其基本表达式为

库存总费用 $TC = \text{库存维持费用 } Ch + \text{订货费用 } Cp + \text{物料本身价值 } Cv$

1) 库存维持费用（库存保管费用）是维护一定数量库存所需支付的管理人员工资、场地租金、保险费、利息等的总和， $Ch = 1/2 Q \cdot C \cdot I$

式中， $1/2Q$ 为平均库存； C 为单位产品成本（产品购买价格）； I 为年库存维持费用率

2) 订货费用是订购一批货物所必须支出的费用，如与供应商的沟通联系费用、采购人员的差旅费等。由于库存维持费用已表示为年度费用，因此订货费用也是一年内的费用额。设年需求量为 D ，每次订货的费用为 S ， $Cp = D/Q \cdot S$

3) 物料本身价值为 C 与 Q 的乘积。

库存总费用 $TC = 1/2 Q \cdot C \cdot I + D/Q \cdot S + C \cdot D$

对 TC 求一阶导数，并令其等于零，即可得到经济订货批量 Q^*

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 \cdot D \cdot S}{C \cdot I}}$$

在经济订货批量为 Q^* 时的年订货次数为 n ： $n = (D/Q^*)$

订货点 R ： $R = d \cdot LT$ ，式中， d 为需求率，即单位时间内的需求。

【例题】某电池经销商以单价 14 元进货，每次订货费用为 11 元。公司每年销售 12000 只这种电池。公司每周营业 5 天，全年工作 52 周（其中有 6 天节假日不上班）。订货提前期是 3 天。已知库存维持费用率是 24%。求：①经济订货批量（ Q^* ）；②订货点；③在 Q^* 点的年平均库存维持费。

解：已知： $D=12000$ （只）， $S=11$ （元/次）， $C \cdot I=14 \times 24\%=3.36$ （元）。

(1) 经济订货批量

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 \cdot D \cdot S}{C \cdot I}} = \sqrt{\frac{2 \times 12000 \times 11}{14 \times 24\%}} \approx 280 \text{ (只)} \quad (2)$$

订货点。首先根据题意求出平均每个营业日的需求率 d 。 $d=12000/[(52 \times 5 - 6)] \approx 47.24$ 只/天，又知订货提前期 LT 是 3 天，所以订货点 R 为 $R=d \cdot LT=47.24 \times 3=141.72$ (只)

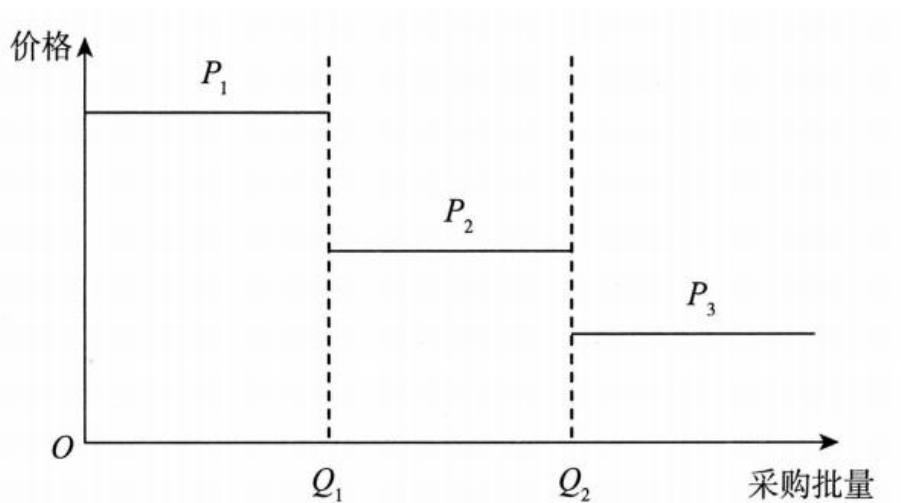
(3) 在 Q^* 点的年平均库存维持费为

$$Ch = 1/2 Q^* \cdot C \cdot I = 1/2 \times 280 \times 14 \times 24\% = 470.4 \text{ (元)}$$

三、有数量折扣的经济订货批量模型

在现实生活中，为了诱发客户增加采购量，供应商往往在采购批量大于某个最小数值时提供价格优惠。

当采购批量小于 Q_1 时，单价为 P_1 ；当采购批量大于或等于 Q_1 而小于 Q_2 时，单价为 P_2 ；当采购批量大于或等于 Q_2 时，单价为 P_3 。 $P_3 < P_2 < P_1$ 。



求有价格折扣的最优订货批量可按下面步骤进行：

步骤一：取最低价格代入 EOQ 公式求出经济订货批量 Q^* ，若 Q^* 可行（所求的点在曲线上）， Q^* 即为经济订货批量。否则，转步骤二。

步骤二：取次低价格代入 EOQ 公式求出经济订货批量 Q^* ，如果 Q^* 可行，计算订货量为 Q^* 时的总成本并与价格更低范围的间断点的总成本进行比较，取其最低成本对应的数量，便是最优经济订货批量。

步骤三：如果 Q^* 不可行，重复步骤二。

三、有数量折扣的经济订货批量模型

【例题】某电器公司每年需要 4000 只开关。开关的价格为：购买数量为 1~499 只时，每个开关 0.90 元；购买数量为 500~999 只时，每个开关 0.85 元；购买数量在 1000 只以上时，每个开关 0.82 元。每次订货费用为 18 元，库存维持费用率为 18%，求经济订货批量和年总费用。

解：已知：D=4000 只，S=18 元/次，I=18 单位产品库存维持费用随其单价而变

订货范围	单价/元	单位产品库存维持费用/元
1~499 只	0.90	$0.18 \times 0.90 = 0.162$
500~999 只	0.85	$0.18 \times 0.85 = 0.153$
1000 只及以上	0.82	$0.18 \times 0.82 = 0.1476$

第一步：对每一个价格，从低到高分别用 EOQ 模型计算可行解，先取单价等于 0.82 元

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 \cdot D \cdot S}{C \cdot I}} = \sqrt{\frac{2 \times 4000 \times 18}{0.1476}} \approx 988 \text{ (只)}$$

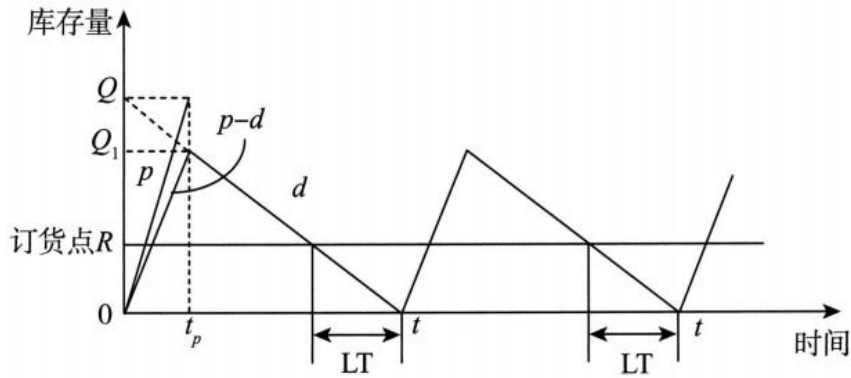
因为 $Q^* = 988$ 落在 500~999 区间内，不是 0.82 元/只的优惠范围内，所以不是可行解，再取单价等于 0.85 元计算：

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 \cdot D \cdot S}{C \cdot I}} = \sqrt{\frac{2 \times 4000 \times 18}{0.153}} \approx 970 \text{ (只)}$$

因为 $TC_{1000} < TC_{970}$ ，所以得结论为：能使总费用最低的最佳订货批量应是 1000 只。

四、经济生产批量模型

EOQ 模型有一个假设，即认为库存的补充是瞬时到货，显然这是一种假设存在的理想情况。在实际库存管理活动中，库存往往是边补充、边消耗，也就是说当生产率大于需求率时，库存是逐渐增加的。要使库存不致无限增长，当库存达到一定量时，应该停止生产一段时间。



设：Q 为生产批量（某产品一次投入生产的数量，也是一个生产周期 $[0, t]$ 内的库存消耗量）； Q_1 为生产结束时的实际库存量； p 为生产率； d 为需求率； t_p 为用于生产的时间； t 为生产间隔期（两批产品生产的间隔时间）； S 为每次生产的调整准备费用，其余符号同 EOQ 模型的假设。

生产结束时的实际库存量为 $Q_1 = Q(p-d)/p$

平均库存量为 $1/2 Q_1 = Q(p-d)/2p$

年总费用 $TC = \text{存储费用} + \text{生产准备费用} + \text{生产成本}$

$$= \left[\frac{1}{2p} Q (p-d) \right] \cdot C \cdot I + \frac{D}{Q} \cdot S + C \cdot D$$

对 TC 求一阶导数并令其等于零，解得经济生产批量为

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 \cdot D \cdot S \cdot p}{C \cdot I \cdot (p-d)}}$$

【例题】戴安公司是生产氧气瓶的专业厂。该厂年工作日为 220 天，市场对氧气瓶的需求率为 50 瓶/天。氧气瓶的生产率为 200 瓶/天，年库存成本为 1 元/瓶，设备调整费用为 35 元/次。求：①经济生产批量 (Q^*)；②每年生产次数；③最大库存水平；④一个周期内的生产时间和纯消耗时间的长度。

解：已知： $S=35$ 元/次， $p=200$ 瓶/天， $d=50$ 瓶/天， $C \cdot I=1$ 元/瓶，年需求量 $D=50 \times 220=11000$ 瓶。

(1) 经济生产批量 (Q^*) : $Q^* = \sqrt{\frac{2 \cdot D \cdot S \cdot p}{C \cdot I \cdot (p-d)}} = \sqrt{\frac{2 \times 11000 \times 35 \times 200}{1 \times (200-50)}} \approx 1013$ (瓶)

(2) 每年生产次数: $n=D/Q^*=11000/1013 \approx 11$ (次)

(3) 最大库存水平 $Q_{max}=Q^* (p-d) / p=1013 \times (200-50) / 200=759.75 \approx 760$ (瓶)

(4) 生产时间 $t_p=Q^*/p=1013/200=5.065$ (天)

纯消耗时间 $t-t_p=Q^*/d-Q^*/p=13/50-1013/200=15.195$ (天)

讲解归纳与举例

例:【判断题】EPQ 模型放宽了 EOQ 模型中“瞬时到货”的假设。

【答案】对

【解析】EPQ 模型认为,在实际库存管理活动中,库存往往是边补充、边消耗,也就是说当生产率大于需求率时,库存是逐渐增加的。

6.5 确定型非均匀需求库存问题的基本模型

一、非均匀需求库存问题描述

在现实生产中遇到更多的是非均匀需求问题,即需求率随时间的变化而改变。如果需求是已知的并且是确定的,就是确定型非均匀需求。

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
需求量/箱	10	62	12	130	154	129	88	52	124	160	238	41

Peterson-Silver 法则是用来判断何为“波动”需求的系数。设: V 为波动系数。如果 $V < 0.25$, 可以用 EOQ 模型; 如果 $V \geq 0.25$, 则采用动态批量模型, 其中最著名的就是 W-W 法。

$$V = \frac{n \sum_{t=1}^n D_t^2}{\left(n \sum_{t=1}^n D_t \right)^2} - 1$$

二、非均匀需求库存问题求解方法

W-W 法的出发点也是在总费用最低的情况下，确定各个时期的订货批量。

管理者可以分月订货，每次只订本月需要量，则全年要订货 12 次。由于 W-W 法假设当月消耗掉的产品不计算库存维持费用，所以只发生了订货费用。

管理者也可以一次订满几个月需要的物品，全年订货次数少了，降低了订货费用，但由于有当月未消耗完毕的产品，因而增加了库存维持费用。

W-W 法就是在两者中寻求平衡，找出最佳订货量水平。

二、非均匀需求库存问题求解方法

【例题】一公司全年 12 个月对某产品的需求如下表所示。已知订货费用为 $S=54$ 元/次， $I=0.02$ 元/（元·月），该产品的单位成本为 $C=20$ 元/箱。求经济订货批量策略。

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
需求量/箱	10	62	12	130	154	129	88	52	124	160	238	41

解：设： $F(t)$ 为时段 t 上的总费用；期初库存等于零；本期消耗掉的库存不计算库存维持费用。

本例中，假定 1 月的期初库存等于零，本月需要 10 箱的货物，首先在 1 月初订购 10 箱产品，则 1 月的总费用 $F(1)$ 只与订货费用有关，即 $F(1)=0+S=54$ （元）。

W-W 法的出发点也是在总费用最低的情况下，确定各个时期的订货批量。

管理者可以分月订货，每次只订本月需要量，则全年要订货 12 次。由于 W-W 法假设当月消耗掉的产品不计算库存维持费用，所以只发生了订货费用。

管理者也可以一次订满几个月需要的物品，全年订货次数少了，降低了订货费用，但由于有当月未消耗完毕的产品，因而增加了库存维持费用。

W-W 法就是在两者中寻求平衡，找出最佳订货量水平。

解：设： $F(t)$ 为时段 t 上的总费用；期初库存等于零；本期消耗掉的库存不计算库存维持费用。

本例中，假定 1 月的期初库存等于零，本月需要 10 箱的货物，首先在 1 月初订购 10 箱产品，则 1 月的总费用 $F(1)$ 只与订货费用有关，即 $F(1)=0+S=54$ （元）。

满足 2 月需求的方案有两种。

方案 1：1 月初订 10 箱，1 月用完；2 月初订 62 箱，2 月用完。

方案 2：1 月初订 72 箱（1 月的 10 箱和 2 月的 62 箱）。

方案 1 的总费用 $C_1=F(1)+S=54+54=108$ (元)。

方案 2 的总费用 $C_2=54+62 \times 0.02 \times 20 \times 1=78.80$ (元)。

因为 $C_2 < C_1$ ，所以最佳选择应是方案 2，即一次订购满足 1 月和 2 月的需求量，此时 $F(2)=78.80$ (元)。

满足到 3 月底需求的方案有三种。

方案 1：2 月底 3 月初订 12 箱，3 月用完；

方案 2：2 月初订 74 箱（2 月的 62 箱、3 月的 12 箱）；

方案 3：1 月初订 84 箱（1 月的 10 箱、2 月的 62 箱和 3 月的 12 箱）。

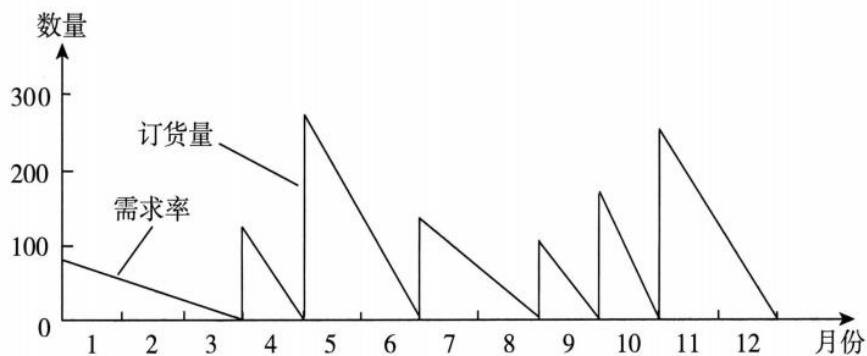
方案 1 的总费用 $C_1=F(2)+S=78.80+54=132.80$ (元)

方案 2 的总费用 $C_2=54+54+12 \times 0.02 \times 20 \times 1=112.80$ (元)。

方案 3 的总费用 $C_3=54+62 \times 0.02 \times 20 \times 1+12 \times 0.02 \times 20 \times 2=88.40$ (元)。

因为 $C_3 < C_2 < C_1$ ，所以，最佳选择应是方案 3，即一次订购满足 1~3 月的需求量，此时的 $F(3)=88.40$ (元)。

项目	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	总计
期初库存	0	74	12	0	0	129	0	52	0	0	0	41	—
进货量	84	—	—	130	283	—	140	—	124	160	279	—	1200
需求量	10	62	12	130	154	129	88	52	124	160	238	41	1200
期末库存	74	12	0	0	129	0	52	0	0	0	41	0	308



总订货费用=7×54=378 (元)

总库存维持费用=308×20×0.02=123.2 (元)

总费用=378+123.2=501.2 (元)

讲解归纳与举例

例：【判断题】动态批量模型，其中最著名的就是 W-W 法。

【答案】对

【解析】在非均匀需求库存问题求解方法上，美国的 Wagner-Whitin 提出的方法（即 W-W 法）最具有代表性，为解决非均匀需求问题提供了一个新思路。

6.6 不确定型库存问题基本模型

一、随机 (Q, R) 库存模型

随机 (Q, R) 库存模型的目标仍然是总库存费用最小。其假设条件如下：

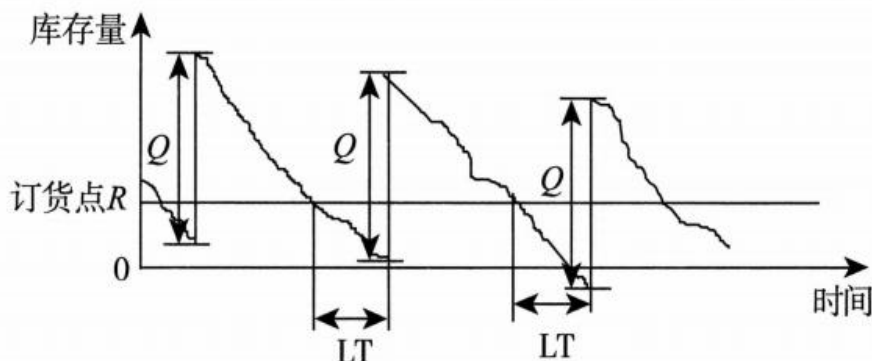
- (1) 需求率 d 和提前期 LT 是已知分布的随机变量，且在不同的补充周期，这种分布不变。
- (2) 允许晚交货，即供应过程中允许缺货，但一旦缺货，所欠货必须补上。
- (3) 补充率为无限大，全部订货一次交付。
- (4) 年平均需求量为 D 。
- (5) 已知一次订货费为 S ；单位库存维持费为 H ；单位缺货损失费为 C_s 。
- (6) 无价格折扣。

随机型库存问题的最大不同在于允许缺货，因此必须考虑缺货损失费用。

库存总费用：

$$TC = \frac{D}{Q} \cdot S + H \cdot E_I + C_s E_s(R) \frac{D}{Q}$$

式中， E_I 为某个周期库存量的期望值； $E_s(R)$ 为订货点 R 下各周期缺货量的期望值； C_s 为单位缺货损失费；其余符号同前。



二、安全库存与服务水平

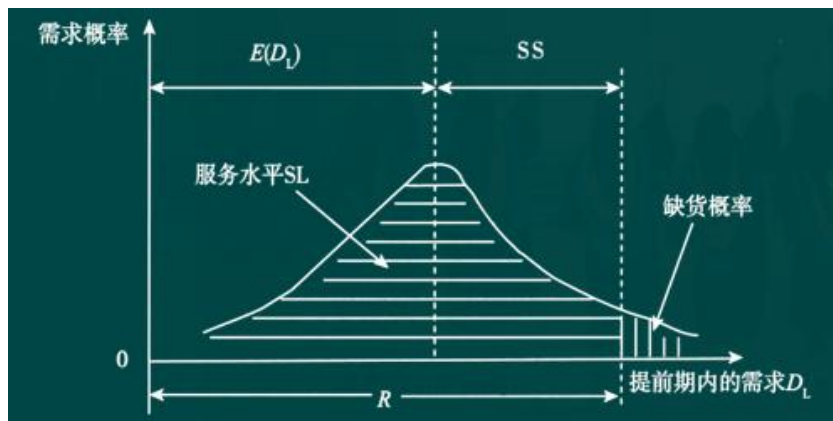
在需求与提前期都是常数的情况下，订货点可以根据 EOQ 模型中的公式计算得出；而一旦

需求或提前期发生变化（成为随机变量），实际需求就有可能超过期望需求。因此，为了减少缺货风险，应持有额外库存即安全库存。这时，订货点为 $R=SS+E(D_L)$

式中，SS 为安全库存； $E(D_L)$ 为提前期内需求的期望。

在随机型库存系统中，需求率和订货提前期的随机变化被预设的安全库存吸收。安全库存是一种额外持有的库存，它作为一种缓冲器用来补偿在订货提前期内实际需求量超过期望需求量或实际提前期超过期望提前期所产生的需求。

下图表示提前期内需求近似服从正态分布的情况。图中左边阴影部分的面积表示不发生缺货的概率，可以作为库存系统的服务水平；右边阴影部分的面积表示发生缺货的概率。



服务水平是衡量随机型库存系统的一个重要指标，它关系到库存系统的竞争能力。

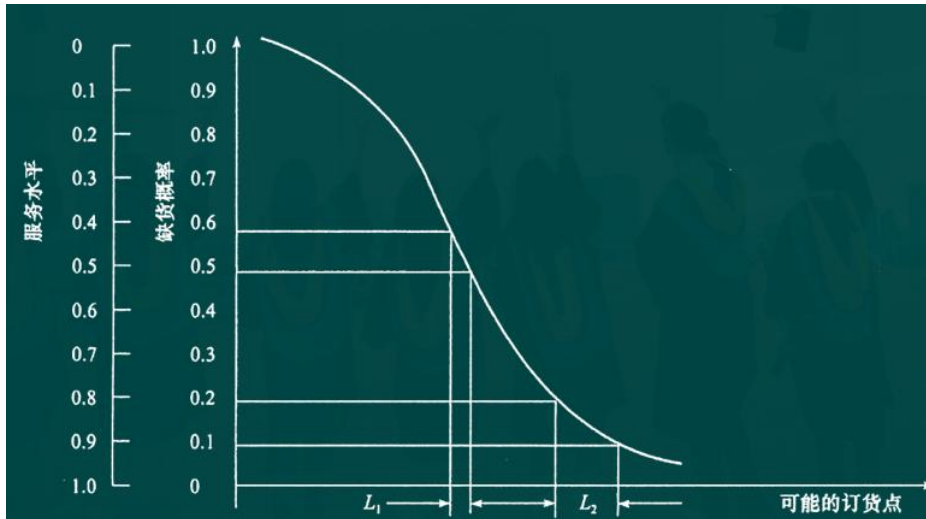
衡量服务水平有以下方法。

- (1) 整个周期内供货的数量/整个周期的需求量。
- (2) 提前期内供货的数量/提前期的需求量。
- (3) 顾客订货得到完全满足的次数/订货发生的总次数。
- (4) 不发生缺货的补充周期数/总补充周期数。
- (5) 手头有货可供的时间/总服务时间。

将提前期内需求 D_L 不超过订货点 R 的概率作为服务水平： $SL=p(D_L \leq R)$

在服务水平比较低时，将服务水平提高同样比例，订货点增加幅度（安全库存增加幅度）小。

在服务水平比较高时，将服务水平提高同样比例，订货点增加幅度（安全库存增加幅度）大。



对于提前期内需求符合正态分布的情形，

$$RL = E(D_L) + Z\sigma_L$$

式中 σ_L 为提前期内需求量的标准差。

对于提前期内各单位时间内需求分布相互独立的情况，则有

$$\sigma_L = \sqrt{(LT)\sigma_P^2}$$

式中，LT——提前期所含时间单位数；

σ_P ——提前期内各单位时间需求量的标准差。

【例题】根据历年资料，可知C公司在提前期内需求呈正态分布，提前期平均销售A产品320台，其标准差为40台。订货提前期1周，单位订货费是14元，单位维持库存费用是每台每年1.68元，缺货成本是每台2元。试确定该公司的库存策略。

解：EOQ = $\sqrt{2DS/H} = \sqrt{2 \times 320 \times 52 \times 14 / 1.68} = 526.62$ 台

最优服务水平下的缺货概率为 $= (1.68 \times 527) / (2 \times 320 \times 52) = 0.0266$

查正态分布表可求得 $Z = 1.93$ ，订货点 $RL = 320 + 1.93 \times 40 = 397$ 台

安全库存 $SS = RL - D_E = 397 - 320 = 77$ 台

服务水平 $SL = 1 - 0.0266 = 0.9734 = 97.34\%$

讲解归纳与举例

例：【判断题】企业只要储备了安全库存，就一定不会发生缺货的情况。

【答案】错

【解析】即使有安全库存的存在，仍不能保证顾客的每一次需求都能得到满足，因此缺货是不可避免的。

第 7 章 物料需求计划

本章重难点分析

- 一、理解 MRP 的基本思想、输入、输出、处理逻辑及处理过程
- 二、掌握应用 MRP 时应该考虑的问题，包括安全库存、提前期等
- 三、领会 MRP 的扩展，包括 MRP II、DRP 和 ERP

7.1 MRP 的产生与基本思想

一、订货点法的局限性

订货点法适合具有独立需求特点（即外生需求）且需求均匀的物料。

当使用订货点法来处理相关需求物料，以及需求非均匀时的物料库存控制问题时，便存在一些明显的局限性。

1) 盲目性。对需求的情况不了解，盲目地维持一定量的库存会造成资金积压。

2) 高库存与低服务水平。由于对需求的情况不了解，只有靠维持高库存来提高服务水平。

3) 形成“块状”需求。采用订货点方法的条件是需求均匀。但是，在制造过程中形成的需求一般都是块状的：不需要的时候为零，一旦需要就是一批。

二、MRP 的产生

由于现代工业产品的结构极其复杂，一台产品常常由成千上万种零件和部件构成，用手工方法不可能在短期内确定如此众多的零件部件及相应的制造资源的需要数量和需要时间。

随着计算机应用于解决订货点方法所暴露的问题，MRP 的思想逐渐产生。最早提出解决方案的是美国 IBM 公司的 J.Orlicky 博士，他在 20 世纪 60 年代设计并组织实施了第一个 MRP 系统。

三、MRP 的基本思想

1. 根据产品出产计划倒推出相关物料的需求

根据产品的出产数量和出产时间，就可以推算出需要什么样的零部件，需要多少，何时需要；根据要加工的零部件的数量和交货期，就可以推算出需要什么样的毛坯，需要多少，何时需要；根据要制造的毛坯信息，就可以推算出对原材料的订货信息。

2. 围绕物料转化组织制造资源，实现按需要准时生产

以物料为中心组织生产，要求上道工序应该按下道工序的需求进行生产，前一生产阶段应该为后一生产阶段服务，各道工序做到既不提前完工，也不误期完工，因而是最经济的生产方式。

3. 解决从独立需求到相关需求的分解问题

对原材料、毛坯、零件、部件的需求，来自制造过程，是相关需求，MRP 处理的正是这类相关需求。通过一定的处理过程，MRP 系统可以输出对各种物料的精确需求。

讲解归纳与举例

例：【单选题】不属于 MRP 基本思想的是（ ）

- A. 根据产品出产计划倒推出相关物料的需求
- B. 围绕物料转化组织制造资源
- C. 是以设备为中心来组织生产
- D. 解决从独立需求到相关需求的分解问题

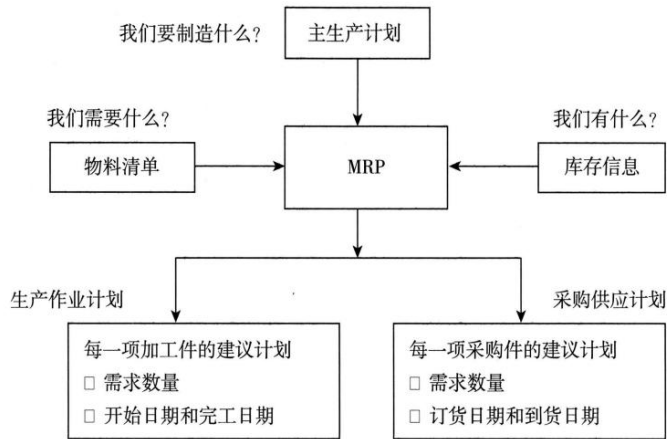
【答案】C

【解析】MRP 基本思想包括根据产品出产计划倒推出相关物料的需求；围绕物料转化组织制造资源，实现按需要准时生产；解决从独立需求到相关需求的分解问题。

7.2 MRP 的基本原理

一、MRP 的处理逻辑

MRP 的基本原理就是由产品的交货期和交货数量展开成自制零部件的生产进度日程与原材料、外购件的需求数量和需求日期，即将主生产计划转换成物料需求表，并为编制能力需求计划提供信息。



二、MRP 的主要输入信息

1. 主生产计划

主生产计划是 MRP 的主要输入，它是 MRP 运行的驱动源。

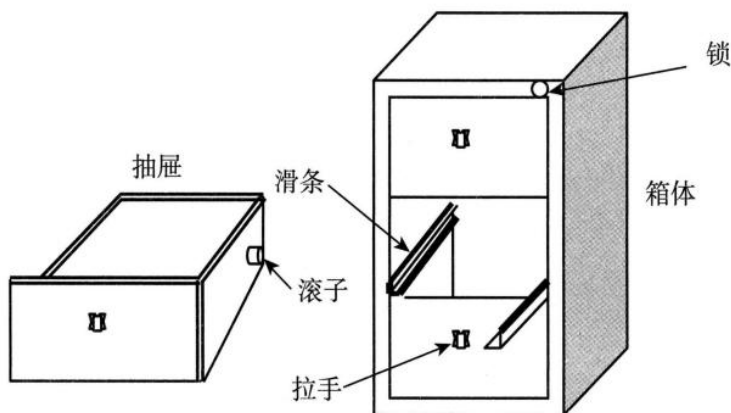
项目	周次								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
产品 A/台					10			15	
产品 F/台				13			12		
配件 C/件	10	10	10	10	10	10	10	10	10

主生产计划的计划对象是企业向外界提供的东西，它们具有独立需求的特征，包括：

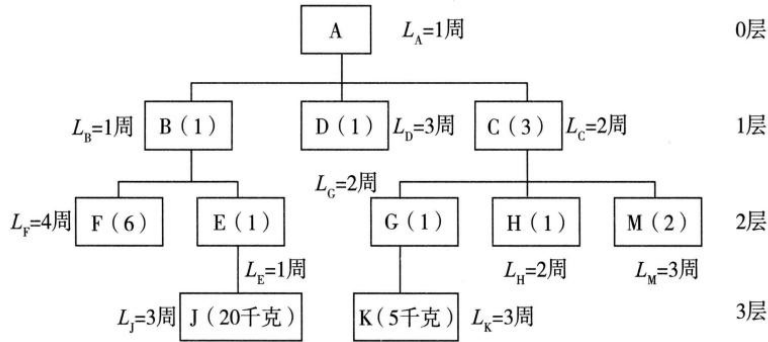
- ①最终产品项，即一台完整的产品；
- ②独立需求的备品、配件，可以是一个完整的部件，也可以是零件；
- ③主生产计划中规定的出产数量一般为净需要量，即需要生产的数量。

2. 产品结构文件

产品结构文件，又称物料清单，反映了产品的组成与结构信息。



将各种具体产品及其构成部分用英文字母代表，并将产品及其元素之间的关系用一种树形图表示出来，称为产品结构树。



3. 库存状态文件

库存状态文件保存了每一种物料的有关数据，MRP 系统关于订什么、订多少、何时发出订货等重要信息，都存储在库存状态文件中。产品结构文件是相对稳定的，而库存状态文件却处于不断变动之中。MRP 每重新运行一次，它就发生一次大的变化。

项目	周次									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
总需要量					300			300		300
预计到货量		400								
现有数 (20)	20	420	420	420	120	120	120	-180	-180	-480
净需要量								180		300
计划发出订货量						180		300		

注：LT=2周

三、MRP 的处理过程

1. 基本步骤

MRP 处理的基本步骤包括：准备 MRP 处理所需的各种输入，将主生产计划作为确认的生产订单下达传给 MRP，然后根据产品结构文件，从第一层项目起，逐层处理各个项目直至最底层处理完毕为止。

2. 参数计算

一般地，MRP 采用自顶向下、借助低层码逐层处理的方法，即先处理所有产品的 0 层，然后处理第 1 层，一直到最底层。

1) 计算总需要量 (毛需要量)：总需要量=父项计划发出订货量×BOM 表中的单位需求量

2) 计算净需要量

先计算各个时间段上的现有数：现有数=前一时段的现有数+预计到货量-总需要量-已分配量

当某一时段产生净需要量时，若前一时段的现有数大于 0，则净需要量=总需要量-现有数

否则，净需要量=总需要量

3) 确定计划发出订货量与订货日期

利用批量规则确定计划发出订货量。一般计划发出订货量大于或等于净需要量。如果有耗损，则应先考虑耗损后再按批量规则进行修正。

利用提前期确定计划发出订货日期。一般要提前一段时间发出订货。

3. 计算举例

产品项目	提前期	项目	周次											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
A (0层)	2周	总需要量									10			15
		预计到订货量												
		现有数(0)	0	0	0	0	0	0	0	-10	-10	-10	-25	
		净需要量									10			15
		计划发出订货量						10				15		
B (1层)	1周	总需要量						10				15		
		预计到订货量	10											
		现有数(2)	12	12	12	12	12	2	2	2	-13			
		净需要量										13		
		计划发出订货量								13				
C (2层)	2周	总需要量						20		26	30			
		预计到订货量		10										
		现有数(5)	5	15	15	15	15	-5	-5	-31	-61			
		净需要量						5		26	30			
		计划发出订货量				5		26	30					

讲解归纳与举例

例：【判断题】主生产计划的计划对象不能是具有独立需求的配件。

【答案】错

【解析】主生产计划的计划对象是企业向外界提供的东西，它们具有独立需求的特征，可以是最终产品项，也可以是独立需求的备品、配件。

7.3 MRP 应用中的几个关键参数

一、批量

加工或采购批量是运行 MRP 的重要参数。一般来说，增大批量就可以减少加工或采购次数，相应地将减少订货费或设备调整费，但在制品库存会增大，要占用更多的流动资金。而减少批量，占用的流动资金会减少，但增加了加工或订货费用。

1. 逐批订货批量法

逐批订货批量法规定净需要量是多少，批量就取多少，完全按照物料的净需求决定订货

量。这种方法简单易用，而且可以避免投入过多引起的在制品积压，但其缺点是加工或采购次数多，不便于组织生产。它常用于按订单生产的情况或用于价值较高的物料。

2. 固定批量法

每次的订货间隔期不同，但订货量固定不变。通常适用于那些订货量受生产条件限制及运输或包装限制的物料。

3. 固定周期批量法

固定周期批量是指以固定的时间间隔，以物料的净需求量为依据计算出的订货批量。这种批量大小随物料净需求的变化而变化，订货间隔期一般由用户根据经验设定。

4. 最大零件-周期收益法

当把某周（ t ）的需求 $D(t)$ 合并到相对 t 的第 1 周一起订货时（第 1 周有需求），可以节省一次订货费（ S ），但却增加了维持库存费 $(t-1) \cdot D(t) \cdot H$ ， H 为单位维持库存费。因此，只要 $(t-1) \cdot D(t) \cdot H < S$ ，即 $(t-1) \cdot D(t) < S/H$ ，就将 $D(t)$ 合并到第 1 周一起订货。第 1 周是相对 t 周而言的。 $(t-1) \cdot D(t)$ 越小，则合并订货就越划算。 $(t-1) \cdot D(t)$ 单位为“零件-周期”。将一个零件提前 1 周订货为一个“零件-周期”。

【例题】已知， $S=300$ 元， $H=2$ 元/（件·周），零件净需求如下表所示

周次	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
净需求量/件	10	10	15	20	70	180	250	270	230	40	0	10

移动次数	最小零件-周期	周次											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	10	10	10	15	20	70	180	250	270	230	40	0	10
1	20	20	0	15	20	70	180	250	270	230	40	0	10
2	20	20	0	35	0	70	180	250	270	240	40	0	10
3	50	20	0	35	0	70	180	250	270	230	50	0	0
4	70	20	0	35	0	70	180	250	270	280	0	0	0
5	180	55	0	0	0	70	180	250	270	280	0	0	0
期初库存 Q_s		55	45	35	20	70	180	250	270	280	50	10	10
期末库存 Q_t		45	35	20	0	0	0	0	0	50	10	10	0

最终订货安排为：第 1 周订 55 件，第 5 周订 70 件，第 6 周订 180 件，第 7 周订 250 件，第 8 周订 270 件，第 9 周订 280 件。

二、提前期与安全库存

1. 提前期

在 MRP 中，一个物料项目的提前期是指从投料开始到该项目入库可供使用为止的时间间隔。提前期不是一个纯工艺时间。确定提前期要考虑以下几个因素：排队（等待加工）时间、

调整准备时间、运行（切削、加工、装配等）时间、检查时间、等待运输时间、运输时间以及其他管理事务处理时间。

2. 安全库存

设置安全库存是为了应对不确定性，防止生产过程中产生缺料现象，避免造成生产或供应中断。但 MRP 认为，只有对产品结构中最底层元件或原材料设置安全库存才是必要的，而不必对其他层次元件设置安全库存，这样可以减少在制品占用，降低生产费用。

三、MRP 的时间概念

1. 计划期

计划期又称为计划展望期、计划水平期，它说明计划能够看得多远。通常，计划期应覆盖产品制造的整个过程（通常称为总提前期），一般为 3~18 个月。

2. 时段

时段说明计划期分段能够分多细，可以由用户设定。典型的计划时段是周，也可以为小时、天、月、季。时段越短，计划越详细，执行起来要求也越高。

3. 时区与时界

由于市场需求的变化，企业不可避免地要经常修改计划。MRP 在处理主生产计划时，把计划期划分成 3 个时区，作为主生产计划人员控制计划变动的手段之一。

4. 时区与订单状态

在不同的时区，订单状态不同，处理方式也不同。订单有三种状态。

（1）计划订单：根据 MRP 展开时产生的计划发出订货量而自动生成的物料订单，这时的订单状态是系统建议的，可以由计算机系统自动进行修改。

（2）确认订单：系统生成的计划订单经过主生产计划员核实或做必要的修订，认为在物料、能力、数量和时间上都没有问题后，对计划订单加以确认，即形成确认订单，可以准备下达，这时的订单状态是确认的。确认订单只能由计划员手工修改和调整，MRP 展开和重排时，不会改变确认订单。

（3）下达订单：经确认并下达执行的订单。时区 1 的订单为下达订单。对下达订单，计算机系统更是不能自动修改。

项目	执行计划		预计计划
	需求时界		计划时界
	时区 1	时区 2	时区 3
时区长度	产品的总装配提前期	产品的累计提前期减去总装配提前期	累计提前期以外的时期
需求依据	实际合同	合同及预测的取舍	预测为主
订单状态	下达订单	下达及确认订单	计划订单
变动条件	装配已在进行,不允许中途中止;变动必须由企业领导决定,尽量避免变动	已运行 MRP,资源已分配,已开始采购加工,计算机系统不能自动改变确认了的计划订单,只能由人工直接干预。主生产计划员只允许变更完工日期,变更数量要由企业领导决定	可由计算机系统运算变动
变动代价	非常大	根据已投入生产准备费用和材料费用而定	无大影响,允许变更

讲解归纳与举例

例:【单选题】可由计算机系统自动进行修改的是 ()。

- A. 计划订单
- B. 确认订单
- C. 下达订单
- D. 客户订单

【答案】A

【解析】计划订单是根据 MRP 展开时产生的计划发出订货量而自动生成的物料订单,这时的订单状态是系统建议的,可以由计算机系统自动进行修改。

7.4 MRP 的发展

一、MRP 实现了物料信息集成

MRP 系统的提出解决了“产供销脱节”的问题,实现了物料信息的集成。

将销售、生产和供应三个核心业务流程及其信息集成起来的模型是产品结构树(即物料清单)。处于顶层的物料是销售业务处理的对象,处于最底层的物料是供应业务处理的对象,而处于二者之间的是生产业务处理的对象。

结合提前期信息,产品结构树既能表示物料计划“量”的信息,又能反映物料计划“期”的信息,它是物料信息集成的基本模型,也是运行 MRP 的基础文件。

二、从 MRP 到 MRP II

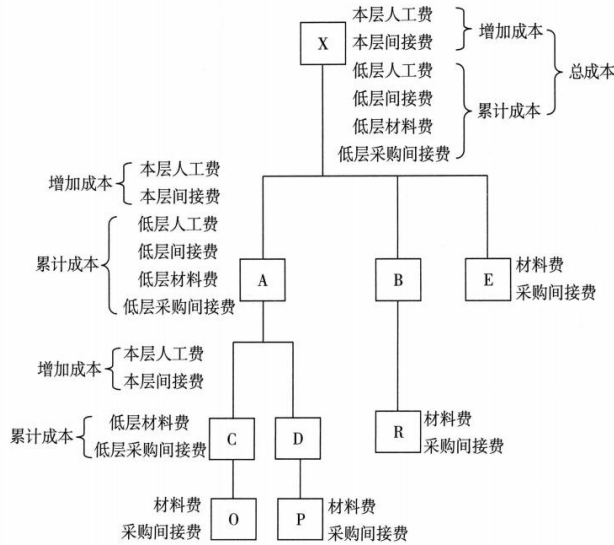
20 世纪 80 年代初,在 MRP 的基础上发展出了 MRP II。MRP II 是一种资源协调系统,代表了一种新的生产管理思想。

1. MRP II 的处理逻辑

MRP II 通过物流与资金流的信息集成，将生产系统与财务系统联系在一起，形成一个集成营销、生产、采购和财务等职能的生产经营管理信息系统。

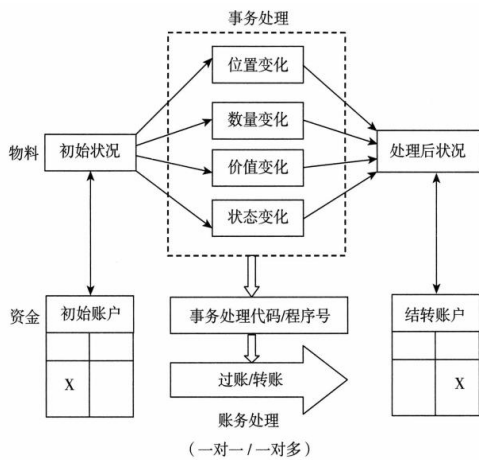
1) 产品成本累加

在产品结构和工艺路线标准时间的基础上，采用自底向上累加成本的计算方法，可以为物料逐个定义价值（即管理会计中的标准成本）。



2) 物料与资金的动态集成

资金是伴随着物料的流动而流动的。物料的流动使物料的状况发生变化，物料状况有 4 种基本变化类型，即位置变化、数量变化、价值变化和状态变化。在 MRP II 系统中，把各种物料状况变化的处理称为事务处理，相当于财务上的一笔交易。



3. MRP II 统一了企业的生产经营活动

1) 营销部门：营销部门通过产品出产计划与生产部门建立了密切的联系。按照市场预

测与顾客订货，使产品出产计划更符合市场的要求。有了产品出产计划，使销售合同的签订有了可靠依据，可大大提高按期交货率。

2) 生产部门：过去，第一线生产管理人员不相信生产作业计划，他们认为那是“理想化”的东西，计划永远跟不上变化。有了 MRP II 之后，计划的完整性、周密性和应变性大大加强，调度工作大为简化，工作质量得到提高。采用计算机可以实现日生产作业计划的编制，充分考虑了内外部条件的变化。

3) 采购部门：采购人员往往面临两方面的困难：一是供方要求提早订货，二是本企业不能提早确定需要的物资数量和交货期。这种情况促使他们早订货和多订货。有了 MRP II，采购部门有可能做到按时、按量供应各种物资，避免了盲目多订和早订，节约了资金，也减少了短缺。

4) 财务部门：实行 MRP II，可使不同部门采用共同的数据。事实上，一些财务报告在生产报告的基础上是很容易做出的。将实际销售、生产、库存与计划数相比较就会得出控制报告。当生产计划发生变更时，马上就可以反映到经营计划上，从而使决策者迅速了解这种变更在财务上造成的影响。

5) 技术部门：以往技术部门似乎超脱于生产活动以外，生产上那些琐事似乎与技术人员无关。但是，对 MRP II 这样的正规系统来讲，技术部门提供的却是该系统赖以运行的基本数据，它不再是一种参考性的信息，而是一种用于控制的信息。这就要求产品结构清单必须正确，加工路线必须正确，而且不能有含糊之处。

三、从 MRP II 到 ERP

一般认为，ERP 是在 MRP II 基础上发展起来的，以供应链管理思想为基础，以先进计算机及网络通信技术为运行平台，能将供应链上合作伙伴之间的物流、资金流、信息流进行全面集成的管理信息系统。

其基本思想是：将企业供应链上的各项业务流程，如订货、计划、采购、库存、制造、质量控制、运输、分销、服务、财务、设备维护、人事等，全面优化与集成，使企业与供应商、客户能够真正集成起来，进而通过客户需求信息来拉动企业的决策和管理。

ERP 是现代企业大型集成化管理信息系统的典型代表，它除了充分体现先进信息的综合运用、充分实现信息资源的共享和企业资源的集成外，更重要的是能充分体现现代管理思想与方法的综合运用。

讲解归纳与举例

例：【判断题】MRP 和 MRP II 是完全不相关的系统。

【答案】错

【解析】MRP 是 MRP II 出现的基础，MRP II 是 MRP 的扩展。

7.5 配送需求计划

一、DRP 的处理逻辑

配送需求计划（DRP）是 MRP 的处理逻辑和方法在流通领域的应用。DRP 主要解决这个多级分配网络中的产成品供应、调度与配送问题，其目标是在合理进行物资配送和资源配置，保证有效满足市场需求的基础上，使得配置费用最省。

多级分配网络中每一个网点的每一种物品的需求和库存情况都可以用一个表来表示。表中有 3 项：预计总需求量、现有数和计划发出订货量。

$$\text{下期现有数} = \text{上期现有数} - \text{预计需求量} + \text{预计到货量}$$

【例题】假设一公司在某城市有 1 个批发部，在该城市的不同地区设有 2 个零售点 A 和 B。

零售点 A									
提前期 2 周，安全库存 50 件， 订货批量 250 件		周 次							
		1	2	3	4	5	6	7	8
预计需求		40	40	40	50	60	70	70	70
现有数	230	190	150	110	60	250	180	110	290
计划发出订货				250			250		
零售点 B									
提前期 3 周，安全库存 70 件， 订货批量 300 件		周 次							
		1	2	3	4	5	6	7	8
预计需求		60	60	60	60	65	65	65	65
现有数	90	330	270	210	150	85	320	255	190
计划发出订货				300					
批发部									
提前期 3 周，安全库存 1 000 件，订货批量 1 500 件		周 次							
		1	2	3	4	5	6	7	8
预计需求				550			250		
现有数	1 750	1 750	1 750	1 200	1 200	2 700	2 450	2 450	2 450
计划发出订货			1 500						

二、DRP 与 MRP 的联系

1. 相同点：

从基本原理来看，DRP 和 MRP 都是按时段的订货点方法，二者都采用固定提前期，都假设能力无限。

2. 不同点:

1) MRP 处理的是生产过程的物料流问题, 其形态在不断变化。如果若干不同零件装配成一个产品, 计划的对象不断发生变化。DRP 处理的是流通领域的物料流, 其形态并不改变。

2) MRP 是从总体(产品)出发, 按产品结构文件, 自上而下地处理到部分(如零部件、原材料); DRP 是从局部(最低层服务网点)出发, 按分配网络, 自下而上地处理到全局(如全国服务中心)。

3) MRP 是由企业制订和控制的生产计划决定的, 而 DRP 则由顾客需求引导。

讲解归纳与举例

例: 【判断题】DRP 是 MRP 的处理逻辑和方法在流通领域的应用。

【答案】对

【解析】配送需求计划(DRP)是 MRP 的处理逻辑和方法在流通领域的应用。DRP 主要解决这个多级分配网络中的产成品供应、调度与配送问题。

第 8 章 制造业作业计划与控制

本章重难点分析

- 一、了解生产作业计划的基本内容、作用和期量标准
- 二、掌握流水作业排序和异序作业排序的一些方法
- 三、理解生产作业控制的概念与控制方法

8.1 生产作业计划

一、生产作业计划概述

1. 生产作业计划的主要内容

生产作业计划的主要任务是将 MRP 中的零部件投入出产计划细化, 具体、详细地规定各车间、工段、班组, 以及每个工作地在较短时间内(月、旬、周、日、轮班、小时)的生产任务。主要包括以下一些内容。

(1) 把生产任务(在这里主要是工序)落实到执行人员、设备或工作中心或工作地上, 达到资源负荷的平衡。

(2) 确定零部件的加工顺序。

(3) 按已经排好的顺序将零部件安排到具体的工作中心或工作地或设备上，即实际中的派工。

(4) 生产作业控制即车间控制，也就是不断地检查任务的执行情况，检查设备的负荷情况，及时为拖后的任务制定相应的赶工单，以保证计划的完成。

(5) 根据设备运转的好坏和新指令的到来，不断地修订作业计划，以适应变化。

(6) 控制作业过程中的质量问题。

2. 生产作业计划的作用

生产作业计划是主生产计划、MRP 的继续、延伸和补充，与主生产计划、MRP 等构成一个紧密联系的体系。具体地说，生产作业计划的主要作用可概括为以下两个方面：

(1) 保证主生产计划规定的生产任务的完成

(2) 保证企业获取更好的经济效益

二、生产作业计划的期量标准

期量标准是生产作业计划工作的重要依据，因此也称生产作业计划标准。它是对劳动对象在生产过程中所规定的时间和数量的标准。

1. 批量和生产间隔期

在成批生产的企业中，按批量来组织生产是一个非常重要的特征。批量的大小对其生产效益有着直接影响。生产间隔期又称生产重复期，是指相邻两批相同制品投入或出产的时间间隔。批量和生产间隔期的确定，一般用以量定期法和以期定量法。1) 以量定期法有经济生产批量法和最小批量法两种。2) 以期定量法是根据标准的生产间隔期来确定批量的一种方法。

2. 生产周期

某种产品的生产周期是指从原材料投入开始，到产成品出产为止的全部日历时间。生产周期是编制生产作业计划以及确定产品和零部件在各工艺阶段生产进度的主要依据。

产品生产周期的长短取决于多方面的因素，如生产设备的先进程度、工艺技术水平、生产组织与管理水平、劳动组织设计以及计划管理工作水平等。从生产组织和计划管理工作来看，可以通过确定合理的批量，尽可能采用平行移动方式或平行顺序移动方式，减少产品加工过程的等待时间，加强工序之间协调配合等各方面来缩短产品的生产周期。

3. 生产提前期

生产提前期是指产品（毛坯、零件）在各生产环节出产（或投入）的时间，相对于成品出产

时间所要提前的时间量。

每一种产品在每一个生产环节都有投入和出产之分，因而生产提前期也分为投入提前期和出产提前期。

三、作业排序

1. 排序的基本概念

排序实质上是要解决如何按时间的先后，将有限的资源分配给不同的工作任务，使预定的目标最优化的问题。

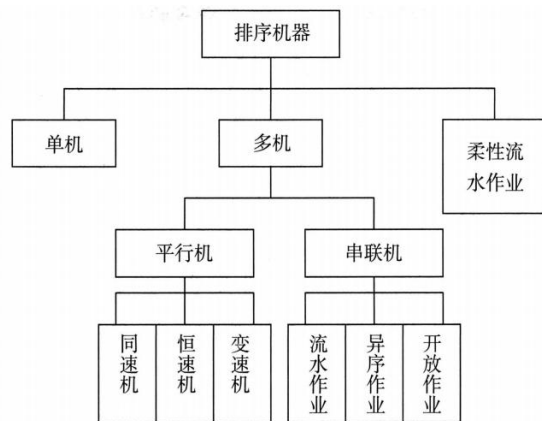
一般来说，作业排序只确定工件在机器上的加工顺序，而编制作业计划不仅确定工件的加工顺序，而且还包括确定每个工件的开始时间和完成时间，这样才能指导工人的生产活动

2. 排序问题的描述

一般使用机器、工件、加工路线、工序和加工时间来描述一个排序问题，即假定有 n 个工件要按一定的加工路线经过 m 台机器加工。排序就是确定这 n 个工件在 m 台机器上加工的先后顺序。

(1) 机器

在不同应用环境中，排序的方法是不一样的。机器主要是指应用环境。只有一台机器的排序问题称为单机排序问题，否则称为多机排序问题。



(2) 工件和工序

对不允许中断加工的情况来说，一个工件 J_j ($j=1, 2, \dots, n$) 在一台机器 M_i ($i=1, 2, \dots, m$) 上连续加工的过程称为工序。

A. 加工时间：一个工件的加工时间： $P_j = (P_{1j}, P_{2j}, \dots, P_{mj})$ 。 n 个工件的加工时间则用矩阵来表示：

$$P = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & \cdots & p_{1n} \\ p_{21} & p_{22} & \cdots & p_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ p_{m1} & p_{m2} & \cdots & p_{mn} \end{bmatrix}$$

B. 到达时间或就绪时间：到达时间或就绪时间 r_j 是工件已经准备好可以马上被加工的时间，若所有工件的就绪时间相同，则取 $r_j=0, j=1, 2, \dots, n$ 。

$$r = (r_1, r_2, \dots, r_n)$$

C. 工件工期或截止期限：工期 d_j 表示对工件 J_j 限定的完工时间，若不按期完工，就会受到一定的惩罚。绝对不允许延误的工期称为截止期限。

$$d = (d_1, d_2, \dots, d_n)$$

D. 工件权重：工件权重是相对于其他工件而言，工件的重要程度。

$$w = (w_1, w_2, \dots, w_n)$$

(3) 目标函数：用 $C = (C_1, C_2, \dots, C_n)$ 表示工件的完工时间，一般来说，主要有以下几种。

A. 最大完工时间或时间表长：最大完工时间可定义为

$$C_{\max} = \max_{1 \leq j \leq n} \{C_j\}$$

，即为最后一个工件的完工时间。

B. 加权流程时间和加权完工时间：一个工件的流程时间是指工件从到达系统开始一直到加工完为止的时间，包括在系统中的等待时间和加工时间： $F_j = C_j - R_j$

C. 最大延误时间：工件的延误时间定义

$$L_j = C_j - d_j, \text{ 最大延误时间 } L_{\max} = \max_{1 \leq j \leq n} \{L_j\}$$

用 $C = (C_1, C_2, \dots, C_n)$ 表示工件的完工时间，一般来说，主要有以下几种。

D. 加权总误工： 一个工件当其完工时间大于其完工限时称为误工 $D_j = \{C_j - d_j, 0\} = \{L_j, 0\}$
 加权总误工 $D = \sum_{j=1}^n w_j D_j$

E. 加权误工工件数： 用0/1来表示某工件是否误工 $U_j = \begin{cases} 1, & C_j > d_j \\ 0, & C_j \leq d_j \end{cases}$
 加权误工工件数： $U = \sum_{j=1}^n w_j U_j$

3. 单机排序问题的求解

(1) 单机完工时间问题

对于在单一机器上多个加工工件的排序问题，如果不考虑工件的重要性，SPT（最短加工时间）法则是最优算法，即将工件按加工时间不降的顺序排列，这样可以得到最小总完工时间（所有工件的完工时间之和）。SPT 法则的内在含义是缩短总的等待时间。

如果考虑工件的重要性，WSPT（加权最短加工时间）法则是最优算法，将工件按加工时间与权重相除，再按不降的顺序排列，这样可以得到最小加权总完工时间（所有工件的加权完工时间之和）。

（2）单机误工件数问题

对于该问题，Moore 算法是最优算法，步骤如下。

步骤 1：将所有订单按 EDD（最早交货期）排序，即按交货期由小到大排序。

步骤 2：按顺序计算各个订单的完工时间。

步骤 3：如果有订单出现延误（完工时间大于交货期），则从前面已经排好的订单（含本订单）中删除最大加工时间的订单，转步骤 2，直到全部订单排好。

步骤 4：将删除的订单排到最后。

讲解归纳与举例

例：【单选题】批量和生产间隔期的确定一般采用（ ）

①以期定量法 ②以量定期法

A. 仅有①

B. 仅有②

C. ①②均有

D. ①②均没有

【答案】C

【解析】批量和生产间隔期的确定，一般用以量定期法和以期定量法。1) 以量定期法有经济生产批量法和最小批量法两种。2) 以期定量法是根据标准的生产间隔期来确定批量的一种方法。

8.2 流水车间作业排序

一、最大完工时间的计算

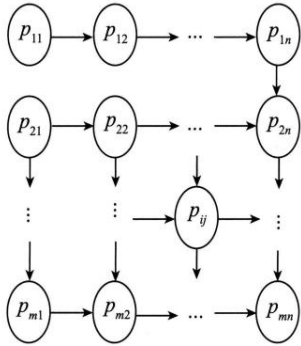
对于给定 n 个工件、 m 台机器流水车间的排列排序问题，若工件顺序为 $[J_1, J_2, \dots, J_n]$

则工件 J_j 在机器 M_i 上的完工时间 C_{ij} 满足下式：

$$C_{i1} = \sum_{l=1}^i p_{1l}, \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$C_{1j} = \sum_{l=1}^j p_{1l}, \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$C_{ij} = \max\{C_{i-1,j}, C_{i,j-1}\} + p_{ij}, \quad i = 2, 3, \dots, m; \quad j = 2, 3, \dots, n$$



【例题】有4台机器的流水车间内6个工件的加工时间见下表。当加工顺序为 $[J_6, J_1, J_5, J_2, J_4, J_3]$ 时，求最大完工时间。

机器	J_1	J_2	J_3	J_4	J_5	J_6
M_1	4	2	3	1	4	2
M_2	4	5	6	7	4	5
M_3	5	8	7	5	5	5
M_4	4	2	4	3	3	1

$$P_1 = \begin{bmatrix} 2^2 & 4^6 & 4^{10} & 2^{12} & 1^{13} & 3^{16} \\ 5^7 & 4^{11} & 4^{15} & 5^{20} & 7^{27} & 6^{33} \\ 5^{12} & 5^{17} & 5^{22} & 8^{30} & 5^{35} & 7^{42} \\ 1^{13} & 4^{21} & 3^{25} & 2^{32} & 3^{38} & 4^{46} \end{bmatrix}$$

二、两台设备流水车间排序算法

对于两台机器的流水作业排序问题，只需考虑排列排序，此问题可用Johnson算法求解。

Johnson算法具体如下。

(1) 把工件按工序加工时间分成两个子集 $\varphi_1 = \{J_j | p_{1j} < p_{2j}\}, \varphi_2 = \{J_j | p_{1j} > p_{2j}\}$

对于两个工序加工时间相等的工件可以分在两个子集的任意一个。

(2) 先将第一个子集 φ_1 中的工件按第一台机器上加工时间 p_{1j} 的不减顺序（SPT）排列，再将第二个子集 φ_2 中的工件按第二台机器上加工时间 p_{2j} 的不增顺序（LPT）排列。

(3) 再按先 φ_1 后 φ_2 的顺序排列。

【例题】求有两台设备的流水车间内 6 个工件的排序问题，加工时间见下表

机器	J_1	J_2	J_3	J_4	J_5	J_6
M_1	5	1	8	5	3	4
M_2	7	2	2	4	7	4

【例题】求有两台设备的流水车间内6个工件的排序问题，加工时间见下表

根据Johnson算法，可得到 $\varphi_1 = \{J_1, J_2, J_5, J_6\}$ ， $\varphi_2 = \{J_3, J_4\}$ 再按SPT和LPT分别排列，得到 $\varphi_1 = \{J_2, J_5, J_6, J_1\}$ ， $\varphi_2 = \{J_4, J_3\}$ ，这样最优排序为 $[J_2, J_5, J_6, J_1, J_4, J_3]$ ，可以算出最大完工时间为 $C_{max}=28$ 。

三、3 台及以上设备的流水车间排序问题

1. Johnson算法的推广算法——CDS算法

Campbell等于1970年对流水作业排序问题提出了一个基于Johnson算法的启发式算法，即CDS算法，它将最初的m台机器按不同的方法划分为两台虚拟机器，然后重复使用Johnson算法求解这两台机器的排序问题，从而构造出m-1种顺序，然后从中选优。

(1) 先定义 $\alpha_j = \sum_{k=1}^j p_{kj}, \beta_j = \sum_{k=1}^j p_{m-k+1,j}, i=1,2,\dots,m-1, j=1,2,\dots,n$

(2) 依次令 $i=1, 2, \dots, m-1$ ，可以得到m-1组 α_j 和 β_j ，将每一组值看作分别在两个机器上的加工时间，根据Johnson算法可以求得一个排序，共可得到m-1个排序，从中选优。

2. 工件赋权法

(1) Palmer 算法

Palmer（帕默尔）于1965年提出按机器顺序，加工时间趋于增加的工件被赋予较大的权重，反之，加工时间趋于减少的工件被赋予较小的权重。该算法先定义工件的斜度指标：

$$\lambda_j = \sum_{k=1}^m \left(k - \frac{m+1}{2}\right) p_{kj}, \quad j = 1, 2, \dots, n$$

然后将各工件按其斜度指标不增进行排序。

2. 工件赋权法

(2) 关键工件法

陈荣秋于1983年对流水作业排序问题提出了一个基于关键（最长加工时间）工件的启发式算法，其步骤如下。

A. 计算每个工件的总加工时间 $P_j = \sum_{i=1}^m p_{ij}, j = 1, 2, \dots, n$ 找出加工时间最长的工件，其作为关键工件 J_L 。

B. 对于余下的工件，若 $p_{1i} \leq p_{mi}$ ，则按 p_{1i} 不减顺序排列成一个序列 φ_1 ；若 $p_{1i} > p_{mi}$ ，在按 p_{mi} 不减顺序排列成一个序列 φ_2 。 $[\varphi_1, J_L, \varphi_2]$ 即为所得顺序。

(3) Gupta算法

Gupta于1987年提出了Palmer斜度指标的修正形，先对工件定义其优先因子：

$$\lambda_j = \frac{[e_j]}{\min_{k=1}^{m-1} (p_{kj} + p_{k+1,j})}, \quad j = 1, 2, \dots, n$$

式中，

$$e_j = \begin{cases} 1, & p_{1j} < p_{mj} \\ -1, & p_{1j} \geq p_{mj} \end{cases}$$

然后将工件按优先因子的不减顺序排列。

3. 插入算法——NEH 算法

Nawaz 等于 1983 年提出的 NEH 算法，被认为是一般流水车间排列排序问题中最好的启发式算法，该方法的基本思想是通过固定工件的相对位置来减少排列的数量。

先按在所有机器上的加工时间之和由大到小排列，然后将排在最前的两个工件拿出，单独排序，取最优排序，以固定相对位置，这两个工件的相对位置在以后工件的排列中不再改变。

再依次将剩余工件逐个插入已经排好的工件排列中的某个位置，从而固定更多工件的相对位置。

【例题】考虑 3 台机器流水车间排序问题，加工时间见下表，分别用上述几种启发式算法求解。

机器	J_1	J_2	J_3	J_4	J_5
M_1	6	4	3	9	5
M_2	8	1	9	5	6
M_3	2	1	5	8	6

(1) 用CDS算法

$i=1$, $\alpha_1 = (6, 4, 3, 9, 5)$, $\beta_1 = (2, 1, 5, 8, 6)$, 利用Johnson算法, 得到排序 $[J_3, J_5, J_4, J_1, J_2]$, 排序时间表长为 $C_{max}=35$; $i=2$, $\alpha_2 = (14, 5, 12, 14, 11)$, $\beta_2 = (10, 2, 14, 13, 12)$, 利用Johnson算法, 得到排序 $[J_5, J_3, J_4, J_1, J_2]$, 排序时间表长为 $C_{max}=36$ 。经比较取 $[J_3, J_5, J_4, J_1, J_2]$, 排序时间表长为 $C_{max}=35$ 。

【例题】考虑3台机器流水线车间排序问题, 加工时间见下表, 分别用上述几种启发式算法求解。

(2) 用Palmer算法

$$\lambda_j = \sum_{k=1}^3 (k - \frac{3+1}{2}) p_{kj} = p_{3j} - p_{1j}, j=1,2,3,4,5$$

$$\lambda_1 = -4, \lambda_2 = -3, \lambda_3 = 2, \lambda_4 = -1, \lambda_5 = 1$$

按上述不减顺序排序, 得到 $[J_3, J_5, J_4, J_2, J_1]$, 排序时间表长为 $C_{max}=37$ 。

(3) 用关键工件法

计算总加工时间: $P_1=16, P_2=6, P_3=17, P_4=22, P_5=17$ 。

其中 J_4 是关键工件, $P_{1i} \leq P_{mi}$ 的工件按不减的顺序排列成序列 $\varphi_1 = [J_3, J_5]$; $P_{1i} > P_{mi}$ 的工件按不减顺序排列成序列 $\varphi_2 = [J_1, J_2]$, $[J_3, J_5, J_4, J_1, J_2]$ 即为所得排序, 排序时间表长为 $C_{max}=35$ 。

(4) 用Gupta算法

$$e_1 = -1, e_2 = -1, e_3 = 1, e_4 = -1, e_5 = 1$$

$$\min_{k=1,2} \{p_{k1} + p_{k+1,1}\} = 10, \min_{k=1,2} \{p_{k2} + p_{k+1,2}\} = 2$$

$$\min_{k=1,2} \{p_{k3} + p_{k+1,3}\} = 12, \min_{k=1,2} \{p_{k4} + p_{k+1,4}\} = 13$$

$$\min_{k=1,2} \{p_{k5} + p_{k+1,5}\} = 11$$

优先因子依次是

$C_{max}=36$ 。 $\frac{-1}{10}, \frac{-1}{2}, \frac{1}{12}, \frac{-1}{13}, \frac{1}{11}$

从而得到排序 $[J_5, J_3, J_4, J_1, J_2]$, 排序时间表长为

(5) 用NEH算法

步骤1: 计算总和 $P_1=16, P_2=6, P_3=17, P_4=22, P_5=17$, 得到等待队列 $[J_4, J_3, J_5, J_1, J_2]$ 。

步骤2: 将前两个工件 J_4, J_5 取出, 等待队列变成 $[J_3, J_1, J_2]$; 两个工件 J_4, J_3 有两种排法 $[J_4, J_3]$ 和 $[J_3, J_4]$, 最大完工时间分别是28和25, 所以保留 $[J_3, J_4]$ 作为就绪队列。

步骤3: 从等待队列中取出最前的 J_5 , 等待队列变成 $[J_1, J_2]$, 此时插入就绪队列中有3种插入法, 即 $[J_5, J_3, J_4]$ 、 $[J_3, J_5, J_4]$ 和 $[J_3, J_4, J_5]$, 最大完工时间分别是33、32和31, 所以保留 $[J_3, J_4, J_5]$ 作为就绪队列。

步骤4: 从等待队列中取出最前的 J_1 , 等待队列变成 $[J_2]$, 此时插入就绪队列中有4种插入法, 分别计算最大完工时间, 保留 $[J_3, J_4, J_5, J_1]$ 作为就绪队列。

步骤5: 从等待队列中取出最后一个 J_2 , 此时插入就绪队列中有5种插入法, 分别计算最大完工时间, 保留 $[J_3, J_4, J_5, J_1, J_2]$, 排序时间表长为 $C_{max}=34$ 。

讲解归纳与举例

例: 【判断题】关键工件法属于工件赋权法的一种。

【答案】对

【解析】陈荣秋于1983年对流水作业排序问题提出了一个基于关键（最长加工时间）工件的启发式算法, 属于工件赋权法。

8.3 异序车间作业排序

一、两台机器的异序作业排序

对于只有两台机器的异序作业排序问题, 常用的算法是Jackson算法。

(1) 把工件按工序情况分为4个子集 $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_{12}, \varphi_{21}$, 分别表示只在机器1上加的工件、只在机器2上加的工件、先在机器1再在机器2上加的工件、先在机器2再在机器1上加的工件。

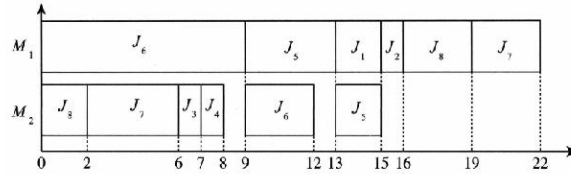
(2) φ_{12} 中的工件在机器1、2上按流水车间排序问题排序, φ_{21} 中的工件在机器2、1上按流水车间排序问题排序。

(3) 全部工件在机器1上加的次序为 $[\varphi_{12}, \varphi_1, \varphi_{21}]$, 在机器2上加的次序为 $[\varphi_{21}, \varphi_2, \varphi_{12}]$, 其中 φ_{12} 和 φ_{21} 在步骤(2)中已经排好序, 其他两个子集中工件任意排序。

【例题】求两台机器、8个工件的异序车间排序问题。

工件	工序号	加工设备	加工时间
J_1	1	M_2	4
	2	M_1	3
J_2	1	M_1	9
	2	M_2	3
J_3	1	M_2	1
J_4	1	M_1	2
J_5	1	M_1	4
	2	M_2	2
J_6	1	M_1	1
J_7	1	M_2	1
J_8	1	M_2	2
	2	M_1	3

- (1) $\varphi_1 = \{J_4, J_6\}$, $\varphi_2 = \{J_3, J_7\}$, $\varphi_{12} = \{J_2, J_5\}$, $\varphi_{21} = \{J_1, J_8\}$
 (2) 对后两个子集按流水车间Johnson算法排得: $\varphi_{12} = \{J_2, J_5\}$ $\varphi_{21} = \{J_8, J_1\}$
 (3) 最后工件在机器1上排序 $[J_2, J_5, J_4, J_6, J_8, J_1]$, 在机器2上排序 $[J_8, J_1, J_3, J_7, J_2, J_5]$,
 总的时间表长是 $C_{max} = 22$



二、一般异序车间作业排序问题

异序作业车间排序存在着很多可行的作业计划安排方法, 如果一个调度方案中的一些工序提前开工(左移动)而不改变所有工序的加工顺序, 那么这个调度中的左移动称为局部左移动; 而如果一个调度方案中的一些工序提前开工(左移动), 虽然改变一些工序的加工顺序, 但没有延迟任何其他工序, 那么这个调度中的左移动称为全局左移动。

基于这两个移动的概念, 有以下三种不同的调度方案。

- (1) 半能动计划: 不存在局部左移动的计划方案
- (2) 能动计划: 不存在全局左移动的计划方案
- (3) 无延迟计划: 没有任何延迟现象出现的计划方案称为无延迟计划。这里的无延迟是指如果有准备好的工序, 不准许有空闲的机器

1. 两种作业计划的构成

符号说明: 设 t 为计算步骤; S_t 为第 t 步之前已排序工序构成的部分作业计划; O_t 为第 t 步可以排序的工序的集合; T_k 为 O_t 中工序 O_k 的最早可能开工时间; T'_k 为 O_t 中工序 O_k 的最早可能完工时间

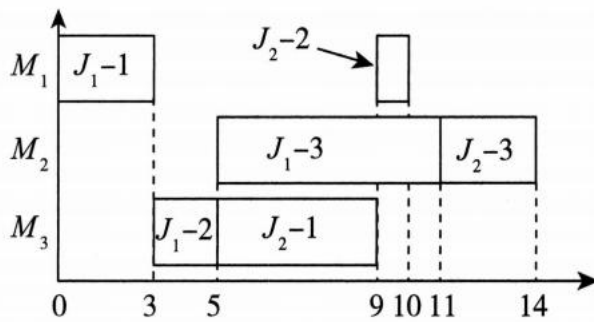
(1) 能动计划算法

- ① 设 $t=1$, S_1 为空集, O_1 为各工件第一道工序的集合。
- ② 求 $T^* = \min\{T'_k\}$, 并求出加工该工序的机器 M^* 。若 M^* 有多台, 则任选一台。
- ③ 从 O_t 中挑出满足以下两个条件的工序 O_j : 需要机器 M^* 加工, 且 $T_j < T^*$ 。
- ④ 将确定的工序 O_j 放入 S_t , 从 O_t 中消去 O_j , 并将 O_j 的紧后工序放入 O_t , 使 $t = t + 1$ 。
- ⑤ 若还有未安排的工序, 转步骤②; 否则, 停止。

【例题】有 2 个工件在 3 台机器的异序作业车间, 加工工艺和时间见下表

工件	到达时间	工序号	加工设备	加工时间
J_1	0	1	M_1	3
		2	M_3	2
		3	M_2	6
J_2	2	1	M_3	4
		2	M_1	1
		3	M_2	3

t	O_t	T_k	T'_k	T^*	M^*	o_j
1	J_1-1	0	3	3	M_1	J_1-1 (表示工件 1 的第一道工序, 下同)
	J_2-1	2	6			
2	J_1-2	3	5	5	M_3	J_1-2
	J_2-1	2	6			
3	J_1-3	5	11	9	M_3	J_2-1
	J_2-1	5	9			
4	J_1-3	5	11	10	M_1	J_2-2
	J_2-2	9	10			
5	J_1-3	5	11	11	M_2	J_1-3
	J_2-3	10	13			
6	J_2-3	11	14			J_2-3

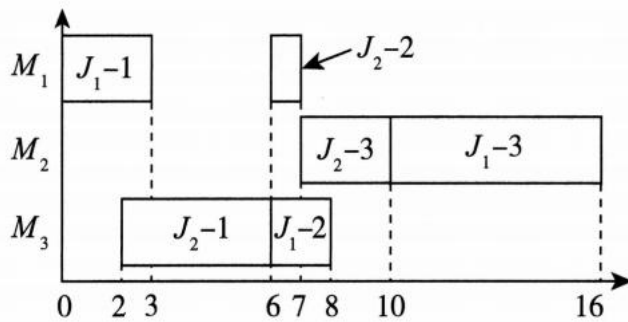


(2) 无延迟计划算法

- ① 设 $t=1$, S_1 为空集, O_1 为各工件第一道工序的集合。
- ② 求 $T^* = \min\{T'_k\}$, 并求出加工该工序的机器 M^* 。若 M^* 有多台, 则任选一台。
- ③ 从 O_t 中挑出满足以下两个条件的工序 o_j : 需要机器 M^* 加工, 且 $T_j = T^*$ 。
- ④ 将确定的工序 o_j 放入 S_t , 从 O_t 中消去 o_j , 并将 o_j 的紧后工序放入 O_t , 使 $t = t + 1$ 。
- ⑤ 若还有未安排的工序, 转步骤②; 否则, 停止。

二、一般异序车间作业排序问题

t	O_t	T_k	T_k^r	T^*	M^*	o_j
1	J_1-1	0	3	0	M_1	J_1-1
	J_2-1	2	6			
2	J_1-2	3	5	2	M_3	J_2-1
	J_2-1	2	6			
3	J_1-2	6	8	6	M_1	J_2-2
	J_2-2	6	7			
4	J_1-2	6	8	6	M_3	J_1-2
	J_2-3	7	10			
5	J_1-3	8	14	7	M_2	J_2-3
	J_2-3	7	10			
6	J_1-3	10	16		M_2	J_1-3



2. 三类启发式算法

(1) 优先调度法则

在介绍能动作业计划与无延迟作业计划的构成步骤时，其中第③步的两个条件一般都有多个工序可以满足。按什么样的准则来选择可安排的工序，对作业计划的优劣有很大影响。为了得到所希望的作业计划，人们提出了很多优先调度法则。

2. 三类启发式算法——优先调度法则

SPT (shortest processing time) 法则，优先选择加工时间最短的工序。

FCFS (first come first served) 法则，优先选择最早进入可排工序集合的工件。

EDD (earliest due date) 法则，优先选择完工期限紧的工件。

MWKR (most work remaining) 法则，优先选择余下加工时间最长的工件。

LWKR (least work remaining) 法则，优先选择余下加工时间最短的工件。

MOPNR (most operations remaining) 法则，优先选择余下工序数最多的工件。

SCR (smallest critical ratio) 法则，优先选择临界比最小的工件。临界比为工件允许停留时间与工件余下加工时间之比。

RANDOM 法则，随机地挑一个工件。

- 按 SPT 法则可使工件的平均流程时间最短，从而减少在制品库存量。
- FCFS 法则来自排队论，它对工件较公平。
- EDD 法则可使工件最大延误时间最小。
- SCR 也是保证工件延误最少的法则。
- MWKR 法则使不同工作量的工件的完工时间尽量接近。
- LWKR 法则使工作量小的工件尽快完成。
- MOPNR 法则与 MWKR 法则类似，只不过考虑工件在不同机器上的转运排队时间是主要的。
- 有时应用一个优先法则还不能唯一确定一个工序，这时可以考虑多个优先法则的有序组合，如 SPT+MWKR+RANDOM

(2) 随机抽样法

当用穷举法或分支定界法求一般单件车间排序问题的最优解时，实际上比较了全部能动作业计划；采用优先调度法则求近优解时，只选择了一种作业计划。这是两个极端。

随机抽样法介于这两个极端之间。它从全部能动作业计划或无延迟作业计划之中抽样，得出多个作业计划，从中选优。应用随机抽样法时，实际上是对同一个问题多次运用 RANDOM 法则来决定要挑选的工序，从而得到多个作业计划。这种方法不一定能得到最优作业计划，但可以得到较满意的作业计划，而且计算量比分支定界法小得多。

(3) 概率调度法

随机抽样法是从 k 个可供选择的工序中以等概率方式挑选，每个工序被挑选的概率为 $1/k$ ，这种方法没有考虑不同工序的特点，有一定的盲目性。

我们可以给不同的工序按某一优先调度法则分配不同的挑选概率，这样就可以得到多个作业计划，以供比较。试验表明，概率调度法比随机抽样法更为有效。

3. 移动瓶颈启发式算法

讲解归纳与举例

例：【多选题】以下属于优先调度法则的有（ ）

- A. SPT 法则
- B. FCFS 法则
- C. EDD 法则
- D. MWKR 法则
- E. ABC 法则

【答案】 ABCD

【解析】 E 为库存管理方法。

8.4 生产作业控制

一、生产作业控制的主要内容

1. 实行生产作业控制的原因

- 1) 生产环境发生了变化。
- 2) 计划的失误。
- 3) 执行的原因。
- 4) 扰动因素的影响。

2. 生产作业控制的程序

生产作业控制实际上就是以生产计划和作业计划为标准，根据实际生产（车间、班组）所反馈的信息，来对计划与实际生产进行协调的过程。一般来说，生产作业控制可以分为以下几个步骤。

- 1) 制定生产作业监控体系
- 2) 监控实际生产过程
- 3) 评估偏差情况
- 4) 采取纠偏措施

3. 生产作业控制的功能

- (1) 为每个车间的工单指派优先级。
- (2) 维护车间在制品数量信息。
- (3) 将车间工单信息传送到相应办公室。
- (4) 提供实际产出数据来为能力控制服务。
- (5) 根据车间工单对机位的要求，为在制品库存管理提供数量信息。
- (6) 测量人员和设备的效率、利用率和产量。

二、生产作业控制的主要工具

1. 调度单

调度单是工人每天加工的依据，一般应该每天生成一次。

2. 日报、月报

日报、月报统计当日或当月的生产情况，通常包括按期完工的作业数量和比例、赶工完成的作业数量和比例、延期并未完工的作业数量和比例、返工情况和废品情况等。

3. 例外报告、异常报告

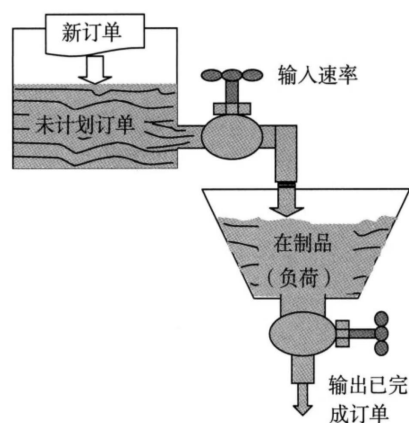
例外报告是指生产环境发生了预想不到的情况，如关键岗位职工跳槽、计划中的原材料没有到位、关键设备突然出现故障等；而异常报告是指在生产过程中发现一些有可能影响计划执行的现象，如按目前进度计划有可能完不成，需要延期等。

4. 输入/输出报告

输入/输出报告被生产主管用来监控每个生产单位（工作中心或工段或班组）的工作负荷与其最大负荷之间的关系，如果出现极度不平衡现象，生产主管就需要进行调整。输入/输出控制的一个有名的模型是漏斗模型（funnel model）。

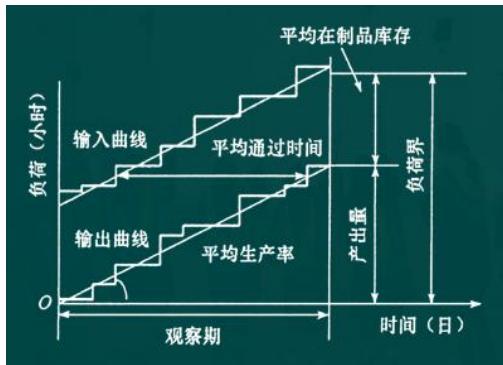
1) 模型介绍

德国汉诺威大学的 Bechte 和 Wiendall 等于 20 世纪 80 年代初在实施输入/输出控制时提出了漏斗模型。漏斗模型的基本原则是，工作中心的输入永远不能超过工作中心的输出。当工作中心的输入超过输出时，就会拖欠订单，结果将会出现作业推迟、客户不满、下游作业或相关作业的延期。而且当工作中心产生作业积压后就会形成阻塞，作业就会变得没有效率，到下游工作中心的工作流会变得时断时续。



2) 控制规则

在一段较长的时间内（如数周），若工况稳定，输入/输出两条曲线可以近似地用两条直线来表示，其斜率（平均生产率）等于平均在制品库存/平均通过时间。



讲解归纳与举例

例：【简答题】请简述生产作业控制的功能。

【参考答案】

- (1) 为每个车间的工单指派优先级。
- (2) 维护车间在制品数量信息。
- (3) 将车间工单信息传送到相应办公室。
- (4) 提供实际产出数据来为能力控制服务。
- (5) 根据车间工单对机位的要求，为在制品库存管理提供数量信息。
- (6) 测量人员和设备的效率、利用率和产量。

第9章 服务业运作计划与管理

本章重难点分析

- 一、了解服务业企业运作管理的特点
- 二、辨析不同类型的服务运作的特征
- 三、掌握服务运作的计划管理、人员排班以及服务运作控制

9.1 服务运作管理的特点

一、服务业的类型及其运作特点

1. 服务业的类型

根据顾客的接触程度以及劳动的密集程度对服务业的类型进行划分，Roger W. Schmenner 于 1986 年提出了一个服务流程矩阵，将服务型企业划分成四个大类。

(1) 服务工厂 (service factory): 这类服务的资金投入较多, 因而劳动密集程度低, 顾客接触和顾客化服务的程度也低, 航空公司、运输公司、饭店等属于这类服务。

(2) 服务车间 (service shop): 当顾客的接触程度增加时, 服务工厂变成了服务车间 (相当于多品种小批量生产的车间), 如医院和各种修理业。

(3) 大量服务 (mass service): 劳动密集程度较高, 顾客化服务程度较低, 如学校、批发业、零售业等。

(4) 专业型服务 (professional service): 当顾客接触程度提高时, 大量服务就变成了专业型服务, 如医生、律师、咨询专家等都是针对不同的顾客提供完全不同内容的服务。

		顾客接触程度	
		低	高
劳动密集程度	低	服务工厂 (IV) · 航空公司 · 运输公司 · 饭店 · 健康娱乐中心	服务车间 (III) · 医院 · 汽车修理 · 其他修理业
	高	大量服务 (II) · 零售 · 批发 · 学校 · 商业银行的分店	专业型服务 (I) · 医生 · 律师 · 会计师 · 建筑设计师

2. 不同类型服务的运作管理特点

项目	服务工厂	服务车间	大量服务	专业型服务
服务的特点				
服务的种类	有限	多种多样	有限	多种多样
新服务或特殊服务	不经常	经常	不经常	经常
流程的特点				
资金密集性程度	高	高	低	低
流程模式	刚性	弹性	刚性	弹性
设备的关联性	设备固化, 选择性少	有多种选择	与设备关联不强, 但与设施及其布置关联较强	与设备或设施关联都不强
人、物、设备之间的平衡对均衡流程的重要性	平衡非常重要	不太重要	不重要	可能重要
富余能力的允许程度	不希望有富余能力	富余能力不是问题	富余能力意味着要调整劳动力	不希望有富余能力
日程计划的难易	较难, 高峰需求难以应对	日程计划容易做出	日程计划容易做出	较难, 高峰需求难以应对
规模经济效益	有一些	有一些, 但最好充分利用设备	很少, 除非使用库存	很少

项目	服务工厂	服务车间	大量服务	专业型服务
流程的特点				
能力的度量	比较清楚, 有时可用物理单位	模糊, 很大程度上取决于需求的组合, 只能用货币单位	有时较模糊, 能力限制往往取决于设备	模糊
布置	倾向于流水线	专业化或固定布置	固定布置但常变	专业化布置
能力的增加	有多种增加方式, 需要考虑人力和资金的平衡	有多种增加方式, 能力平衡比较模糊	需要对设施进行较大的改变, 有时可以通过增加人员加速流程	意味着增加人员
瓶颈	偶尔会移动, 但通常可预知	移动频繁	可预知	有时可预知, 不确定性很大
流程变化的性质	有时一般, 有时剧烈	偶然剧烈	很少发生, 但一旦发生较剧烈	通常较温和
物流对服务提供的重要性	库存和物流都很重要	库存很重要, 物流不太重要	库存往往很重要, 必须被控制	在部分情况下都不太重要
面向顾客的特点				
周围环境的吸引力的重要性	非常重要	不太重要	重要	不太重要
顾客的参与程度	很少	可能很多	有一些	非常多
顾客化服务	很少	很重要	很少	很重要
管理高峰和非高峰的难易	通过价格调整可做到	非高峰时间可做促销, 但有难度	非高峰时间可做促销, 但有难度	难以管理, 与价格无关
流程质量控制	可用标准的方法	可用标准的方法, 容易确定检查要点, 员工培训对质量控制非常关键	通常难以用标准的方法, 员工培训非常关键	通常难以用标准的方法, 员工培训非常关键

项目	服务工厂	服务车间	大量服务	专业型服务
与员工相关的特点				
工资	计时工资	多种多样, 可能包括个人酬金或提成	多种多样	固定工资, 常常有某种形式的酬金
技能水平	一般较低	较高	多种多样, 但通常较低	非常高
工作内容的范围	很窄	很宽	中等, 但多种多样	非常宽
提升	需要更多的技能或经验, 会相应给予更多的责任	员工往往独立操作, 可提升的层次有限	有若干提升的可能性	金字塔结构, 上层对下层有控制权力
管理的特点				
职能部门的要求	需要大量的职能人员进行流程设计、方法研究、预测、能力计划等。直线监督和问题处理也很重要	职能人员较少, 大部分是直线运作	有一些职能人员, 主要集中于人力资源管理	职能人员很少, 大部分直线管理人员身兼数职
控制手段	多种多样, 有可能是成本中心或利润中心	通常是利润中心	通常是利润中心	通常是利润中心

二、服务交付系统管理中的问题及处理

1. 顾客参与的影响

- (1) 顾客参与影响服务运作实现标准化, 从而影响服务效率。
- (2) 为使顾客感到舒适、方便和愉快, 也会造成服务能力的浪费。
- (3) 对服务质量的感觉是主观的。
- (4) 顾客参与的程度越深, 对效率的影响越大。

2. 降低顾客参与影响的方法

- (1) 通过服务标准化减少服务品种。

- (2) 通过自动化减少同顾客的接触。
- (3) 将部分操作与顾客分离。
- (4) 设置一定量的库存。

3. 影响需求类型的策略

- (1) 固定时间表。
- (2) 使用预约系统。
- (3) 推迟交货。
- (4) 为低峰时的需求提供优惠。

4. 处理非均匀需求的策略

- (1) 改善人员班次安排。
- (2) 利用钟点工作人员。
- (3) 让顾客自己选择服务水平。
- (4) 利用外单位的设施和设备。
- (5) 雇用多技能员工。
- (6) 顾客自我服务。
- (7) 采用生产线方法。

讲解归纳与举例

例：【单选题】降低顾客参与影响的方法不包括（ ）

- A. 通过服务标准化减少服务品种
- B. 通过服务标准化增加服务品种
- C. 通过自动化减少同顾客的接触
- D. 将部分操作与顾客分离

【答案】B

【解析】“增加”的表述错误。

9.2 服务质量及其管理

一、服务质量及其评价

1. 服务质量的内容

产品质量包括产品性能、可靠性、安全性、适应性、经济性、时间性和成长性等。

服务质量包括如下几个方面：（1）可靠性；（2）响应性；（3）能力；（4）接近程度；（5）移情性；（6）交流；（7）信誉；（8）安全性；（9）熟悉用户；（10）有形实体。

服务质量体现为对顾客提供的价值与顾客所期望的服务的差，如果所提供的服务价值要大于顾客的期望，则顾客是满意的，企业的服务质量就是合格的；如果所提供的服务价值没有达到顾客的要求，则其服务质量就是不合格的。

2. 服务质量的评价

服务质量的评价与产品的评价不一样，服务质量包括许多心理因素或其他无形因素，可以从以下五个方面进行考察。

（1）内容：服务是否遵循了标准程序？其前提条件是已经制定了科学的和标准的服务程序。

（2）过程：服务中的事件顺序是否恰当？基本的原理是要保持活动的逻辑顺序和对服务资源的协调利用。顾客和服务人员间的交互过程应能够监控，包括服务人员之间的交互作用和沟通。

（3）结构：围绕服务质量的组织结构是否健全？各种规章制度是否建立？是否执行？

（4）结果：过程执行完之后对于事物所处的状态，顾客的反应如何？

（5）影响：服务好对企业的声誉有影响，并且服务会直接决定顾客是否会再次光临。

二、服务质量的管理

1. 质量成本与缺陷数的关系

质量成本是指为改进质量所消耗的费用，一般来说质量成本主要包括两个方面，即预防鉴定成本与损失成本，其中预防鉴定成本包括预防成本和鉴定成本，而损失成本包括内损成本与外损成本。

企业在质量管理方面投入得越多，即预防鉴定成本越大，产品质量越有保障，而随着产品质量的提高，内损成本和外损成本相应减少。反之亦然，即预防鉴定成本和质量水平呈相同方向变化，而损失成本与质量水平呈反方向变化，因此质量成本的最佳点是位于缺陷非零的某一点。

2. 服务质量的控制过程

在服务质量控制中，戴明提出了PDCA（plan, do, check, action）方法，即计划、实施、检查、行动是一个不断改进的循环过程，它是在质量控制图（如鱼刺图、时间序列运行图和帕累托图）的基础上进一步发展起来的。

计划：就问题的数据实验做计划，就流程的改进做计划。

实施：小规模地进行实验或流程改进。

检查：在实施的过程中观察结果或检查是否出现问题。

行动：在观察的过程中发现了问题，分析问题产生的原因，然后做出改进。

讲解归纳与举例

例：【判断题】服务质量评价包括心理因素。

【答案】对

【解析】服务质量的评价与产品的评价不一样，服务质量包括许多心理因素或其他无形因素。

9.3 人员班次计划

一、人员班次安排问题的背景

人员班次安排问题普遍存在于工业企业和服务行业。

从管理者的要求出发，希望降低成本，提高服务水平，即安排尽可能少的员工来满足生产和服务的需要。员工则希望满足自己的休息要求。

如何兼顾两方面的要求，合理安排员工的工作班次，做到在满足生产需要和员工对休息及工作时间的要求的前提下，使员工数量最少，这就是人员班次安排问题所要解决的。

为了便于叙述，所有给员工安排班次的企业、部门、单位，统称为部门；所有被安排的对象，统称为工人。

安排人员班次计划，一般以周为时间单位。一周内有 5 个工作日和 2 个周末日。每天可由一个班次、两个班次或三个班次组成。

单班次人员班次问题是指每天仅安排一个班次的问题（被简称为单班次问题）。多班次人员班次问题是指每天安排多个班次的问题（被简称为多班次问题）。

每个工人每天只能被分配一个班次，在不同日期可以被安排到不同种类的班次，如白班、晚班、夜班等。

工人不被安排工作的日期为休息日，连续两个休息日为双休日。周末休息是指在两个周末日连续休息，即周六和周日休息。

周末休息频率为 A/B，它的意思是在任意连续 B 周内，工人有 A 周在周末休息。

工人在两个休息日之间的工作天数为连续工作时间，所有连续工作时间中最长者即为最大连续工作时间。

班次计划为表示每名工人安排的休息日/工作日（班次）顺序的作业计划。

以 $R(i, j)$ 表示第 i 天第 j 班次所需的劳动力数量， N 表示总的劳动力需求，即需要部门雇用的工人数， W 表示所需劳动力的下限。显然， W 小于或等于 N 。

二、人员班次计划的分类

1. 班次计划的特点

根据最后编制的班次计划的特点，班次计划可分为个人班次计划和公共班次计划。

个人班次计划又被称为固定或非循环班次计划，它是指在计划期内每名工人的作业计划，是特定的工作日（班次）/休息日的顺序，与其他工人的作业计划无直接关联。对于有周末休息频率 A/B 约束的人员班次问题，作业计划连续 B 周即可；否则，只需编制一周的计划。每名工人每隔 B 周/一周重复自己的计划。

公共班次计划又被称为循环作业计划，每隔一个周期，每名工人的计划就重复一次。完整的计划期为 $N \times B$ 周，在 $N \times B$ 周内，每名工人的作业计划相同。

2. 班次的种类

根据每天的班次数量，可分为单班次问题和多班次问题。

单班次问题指每天只有一种班次，部门每天都需营业，但不超过 10 小时，如储蓄所。

多班次问题指每天有多班，一般为两班（如商业大楼）或三班（每班为 8 小时或 10 小时，有重叠时间是为了应对高峰期。常见于全天候营业部门）。

多班次问题无疑比单班次问题更为复杂，更具代表性。

3. 工人的种类

在某些服务部门，会出现季节性或短期的高峰期，如快餐店、图书馆等，管理人员常采取雇用临时工或兼职工的方式。

总人力需求既要考虑一定范围内恒定数量的全职工人，又要考虑依据实际需求而雇用的临时工或兼职工的数量。在另外一些部门，工人可能有多个级别，每个级别的工人有各自的时间、人力需求。

根据排班对象的特点，可以将人员班次问题分为全职（单种）工人排班、全职及兼职排班、多种向下替代排班。最常见的排班为第一种，最复杂的为第三种。

4. 参数的性质

按参数性质的不同，可以划分为确定型人员班次问题与随机型人员班次问题。

确定型人员班次问题，是指时间人力需求和其他有关参数是已知的确定的量。

随机型人员班次问题的时间人力需求和其他有关参数是随机变量。

在实际生活中,动态的、随机型的所占比重较大,但是,也有很多人员班次问题是确定型的。由于求解人员班次问题极其困难,很多确定型问题尚不能得到很好的解决,更何况随机型人员班次问题。

三、单班次问题

单班次问题指的是每天只有一个班次工人当班,不存在换班的情况。它具有以下几个特点:

- ①单班次问题是最简单,也是最基本的班次问题,一般比较容易找到求解方法。
- ②单班次问题的模型可作为某些特殊的多班次问题的合理近似。例如,有些多班次问题允许工人固定班次种类,则把每种班次的工人看成独立的一组,按照单班次的方法求解。
- ③求解单班次问题的思想和方法,虽然不能直接应用于求解一般的人员班次安排问题,但对于我们求解一般的人员班次问题能提供一些有益的启示。

设某单位每周工作7天,每天一班,平常日需要 N 人,周末需要 n 人。试求在以下条件下的班次计划。设 W_i 为条件 i 下最少的工人数; $[X]$ 为大于等于 x 的最小整数; X 在作业计划中表示休息日。

1. 条件1: 保证工人每周有两个休息日

对于条件1所需劳动力下限为: $W_1 = \max\{n, N + [2n/5]\}$

- ①安排 $[W_1-n]$ 名工人在周末休息。
- ②对余下的 n 名工人从 $1\sim n$ 编号, $1\sim [W_1-N]$ 号工人周一休息。
- ③安排紧接着的 $[W_1-N]$ 名工人在紧接着的第二天休息,这里,工人1紧接着工人 n 。
- ④若 $5W_1 > 5N + 2n$, 则有多余的休息日供分配,此时可按需要调整班次计划,只要保证每名工人一周休息两天,平日有 N 人当班即可。

【例题】设 $N=5$, $n=8$, 求保证工人每周有2个休息日的班次安排。 $W_1 = \max\{8, 5 + [2 \times 8/5]\} = 9$

【例题】设 $N=5$, $n=8$, 求保证工人每周有2个休息日的班次安排。 $W_1 = \max\{8, 5 + [2 \times 8/5]\} = 9$

- 解: ①安排 $[W_1-n] = [9-8] = 1$ 名工人在周末休息;
- ②余下8名工人从 $1\sim 8$ 编号, $1\sim 4$ ($9 - 5 = 4$)号工人周一休息;
- ③ $5\sim 8$ 号工人第二天休息;
- ④ $5W_1$ (45) 大于 $5N + 2n$ (41), 还有多余的休息日供分配。

工人号	星期							星期						
	一	二	三	四	五	六	日	一	二	三	四	五	六	日
1	x			x				x			x			
2	x			x				x			x			
3	x			x				x			x			
4	x			x				x			x			
5		x			x				x			x		
6		x			x				x			x		
7		x			x				x			x		
8		x			x				x			x		
9						x	x						x	x

2. 条件2: 每周连休两天

对于条件2所需劳动力下限为: $W_2 = \max\{n, N + [2n/5], [(2N + 2n)/3]\}$

①利用上式计算 W_2 , 给 W_2 名工人编号。

②取 $k = \max\{0, 2N + n - 2W_2\}$ 。

③1~k号工人(五, 六)休息, (k+1)~2k号工人(日, 一)休息, 接下来的 $[W_2 - n - k]$ 名工人周末(六, 日)休息。

④对于余下的工人, 按(一, 二), (二, 三), (三, 四), (四, 五)的顺序安排连休, 保证有N名工人在平常日当班。

【例题】对于 $N=6, n=5$, 求班次安排。

按式 可算出 $W_2=8$ $k = \max\{0, 2N + n - 2W_2\} = 1$

$$W_2 = \max\{n, N + [2n/5], [(2N + 2n)/3]\}$$

工人号	星期							星期						
	一	二	三	四	五	六	日	一	二	三	四	五	六	日
1					x	x						x	x	
2	x						x							x
3							x						x	x
4							x						x	x
5	x	x						x	x					
6		x	x						x	x				
7			x	x						x	x			
8				x	x						x	x		

3. 条件3: 隔一周在周末休息

对于条件3所需劳动力下限为: $W_3 = \max\{2n, N + [2n/5]\}$

①由上式计算 W_3 , 将 $[W_3 - 2n]$ 名工人安排在周末连续两天休息。

②将余下的 $2n$ 名工人分成A、B两组, 每组 n 名工人, A组的工人第一周周末休息, B组工人第二周周末休息。

③按照条件1, 每周休息两天的步骤③和④, 给A组工人分配第二周的休息日。如果 $5W_3 > 5N + 2n$, 可以先安排1~ $[W_3 - N]$ 号工人周五休息, 按周五、周四……周一的顺序安排休息日。

④B组的 n 名工人第一周的班次计划与A组的第二周的班次计划相同。

【例题】 $N=7, n=4$, 求班次安排。

解：可计算 $W_3=9, W_3-2n=1$ 。安排第9号工人每个周末休息，余下的8名工人分成两组，1~4号为A组，5~8号为B组，按步骤③和④给8名工人排班。

工人号	星期							星期						
	一	二	三	四	五	六	日	一	二	三	四	五	六	日
1						x	x			x			x	
2						x	x			x			x	
3						x	x		x			x		
4						x	x		x			x		
5				x			x						x	x
6				x			x						x	x
7		x			x								x	x
8		x			x								x	x
9							x	x					x	x

4. 条件4：每周连休两天，隔一周在周末休息

这是最复杂的情况。对于条件4所需劳动力下限为： $W_4 = \max\{2n, N + [2n/5], [(4N + 4n)/5]\}$

①将 W_4 名工人分成A、B两组：A组 $[W_4/2]$ 名工人，第一周周末休息；B组 $(W_4 - [W_4/2])$ 名工人，第二周周末休息。

② $k = \max\{0, 4N + 2n - 4W_4\}$ ，A组中 $k/2$ 名工人 $(五_2六_2)$ 休息， $k/2$ 名工人 $(日_2一_1)$ （即第2周的星期日和第1周的星期一）休息；B组中 $k/2$ 名工人 $(五_1六_1)$ 休息， $k/2$ 名工人 $(日_1一_2)$ 休息。

③在保证周末有 n 人当班，平常日有 N 人当班的前提下，对A组余下的工人按下列顺序安排连休日： $(六_2日_2)$ ， $(四_2五_2)$ ， $(三_2四_2)$ ， $(二_2三_2)$ ， $(一_2二_2)$ ；对B组余下的工人按下列顺序安排连休日： $(六_1日_1)$ ， $(四_1五_1)$ ， $(三_1四_1)$ ， $(二_1三_1)$ ， $(一_1二_1)$

【例题】 $N=10, n=5$, 求班次安排。

解： $W_4=12, k=2$ 。给工人从1~12编号，1~6号为A组，7~12号为B组。

工人号	星期							星期						
	一	二	三	四	五	六	日	一	二	三	四	五	六	日
1						x	x			x			x	
2	x					x	x							x
3						x	x					x		
4						x	x			x	x			
5						x	x		x	x				
6						x	x	x	x					
7					x	x							x	x
8						x		x					x	x
9				x	x								x	x
10			x	x									x	x
11		x	x										x	x
12	x	x											x	x

四、多班次问题

多班次问题就是每天有多种班次的工人需换班，比单班次问题多了换班约束，比如规定任意连续两天工作内的班次必须相同。单班次问题中的班次计划为休息日、工作日的顺序，而多班次作息计划除了确定每名工人休息日、工作日的顺序外，还需确定每名工人在每个工作日的具体班次，因此多班次问题比单班次问题复杂得多。多班次问题的求解方法在本书中不做

介绍。

讲解归纳与举例

例：【判断题】根据每天的班次数，可以划分为确定型人员班次问题与随机型人员班次问题。

【答案】错

【解析】根据每天的班次数，可分为单班次问题和多班次问题。

9.4 服务业的控制

一、控制标准的制定

1. 服务标准

与制造业不同的是，服务业有些标准是不能明确的，特别是无形的服务或一些不直接提供产品的行业，其标准是人为定义并且是非常模糊的。很多服务型企业在存在着一些共同的失误，即不能明确服务人员的任务，这是因为管理者也不能明确定义。

标准类型	例子	确定方法
时间	顾客服务时间 处理订单电话时间	随机时间研究 电话系统自动计时
生产率	每天处理的投诉 销售额 装卸量	一天结束时的计数值 销售记录、佣金记录 装货、搬运记录
质量	订货的完成情况 顾客满意度 需要返工的程度	随机检验、投诉情况 顾客调查 订单记录、投诉情况
成本	库存水平 加班程度	库存记录 工资记录
需求	单位时间内的顾客数	顾客人数需求趋势

2. 服务标准的制定方法

1) 专家制定法

召集一些有专业知识的学者、企业的高层管理人员以及一些有丰富经验的普通员工，再通过现场测定、观察、讨论、分析来确定制定什么样的标准以及如何来制定标准。

2) 工业工程法

借助制造业已经成熟的一些方法来研究服务业的标准制定，主要包括以下一些方面。

A. 动作研究：把操作人员的工作内容分解成若干个组成单元，通过对这些组成单元的分析，识别并去除存在浪费的动作，重新设计的工作内容就是标准。

B. 时间研究：用秒表和摄像机来对工作的各个单元计时，以便确定哪里存在浪费和应该怎样重新定义这项工作的标准。

C. 样本法：分析者在随机选定的时间段中观察员工们在做什么，这样分析者就可以知道，员工在完成各项任务中所花费的时间的构成，从而建立标准。

D. 工作行为分析法：员工们按照时间顺序列出所要完成的工作，标明任务的种类、花费在该项工作的时间，以及完成的工作项目的编号，这些信息都可以用来建立标准。

E. 流程图法：通过图表来描述一些工作，寻找可以改进的地方，在此基础上建立标准。

3) 调查法

通过对接受服务的顾客进行调查，来帮助确定和修改标准。这种方法所确定的标准更具有主动性，并且是从顾客的角度出发，是以顾客满意为前提的，因此更具备执行的可行性。

4) 比较法

以同行业最有竞争力的对手为基准来制定标准，以便赶超对手。由于竞争的复杂性，这种方法往往需要对竞争对手进行长时间的观摩和研究。

2. 服务标准的制定方法

在制定标准的时候不强求一次性成功，企业往往需要多次摸索、试验和失误。同时需要注意到以下一些在实际工作中经常发生的问题。

- (1) 标准的缺乏，使员工感到管理层对服务质量和成本不重视。
- (2) 太多的标准，使员工感到迷惑，不能确定工作的优先级别。
- (3) 笼统的标准，标准的陈述太模糊、难以衡量。
- (4) 表达拙劣的标准，员工无法理解和执行。
- (5) 服务标准与考核奖励没有挂钩，使标准不能发挥作用。

二、测定实际工作进程

标准确定好之后，就需要根据标准对实际工作进行检查，以保证计划的完成或顾客满意。在检测实际工作时，首先必须明确检测点，即事先确定好控制什么、在哪里控制，这就需要根据工作重要性程度进行综合分析，然后确定一些关键点或关键项目。

检测点	检测项目举例	与标准不符的后果	可能的检测方法
化验室	读数的精确度	误诊可能造成严重后果	化验室技术主任抽查已经完成的化验；用自动设备对数据进行核对并试验已知数据的样本
药房	药剂的失效期，配方的准确度	从小问题直到致命	全部复核，药剂师按处方配药、核对产品包装，大剂量用药要询问医生
清洁	清洁程度	不清洁的地区增加感染的可能	主要按清洁标准检查
手术室	消毒条件，校正设备，外科程度，清洗，服装	医疗事故，可能的死亡及伤害，丧失名誉	正确核实动手术的病人，核实病卡及手术程序，清点药棉及手术器械

三、衡量绩效并纠正偏差

根据标准对实际工作进行检查之后，就需要衡量绩效，也就是找出实际工作情况与标准之间的偏差，根据这些信息来评估实际工作的优劣。

当找出了偏差之后，就需要对偏差进行分类并分析偏差出现的原因，由于服务业很多方面都是无形的，对工作的诊断往往比制造业的诊断要复杂一些。一般来说，偏差的原因主要包括三个方面：一是计划目标制订失误，过高或过低，使得员工要么达不到要么挖掘不出潜力；二是人员的问题，如员工工作失误或者能力不行或者不称职等；三是组织不力，包括设备技术条件不到位以及管理人员的管理问题等。

对于不同种类的偏差就要采取不同的措施来纠正，如培训员工、更换人员、更新设备和技术以及重新制定控制标准等。

讲解归纳与举例

例：【判断题】很多服务型企业的管理者也难以准确定义服务标准。

【答案】对

【解析】与制造业不同的是，服务业有些标准是不能明确的，特别是无形的服务或一些不直接提供产品的行业，其标准是人为定义并且是非常模糊的。

第 10 章 供应链管理

本章重难点分析

- 一、掌握供应链和供应链管理的概念
- 二、了解供应链管理思想产生的历史背景和传统管理模式存在的弊端
- 三、理解供应链管理的主要特征及实施战略
- 四、领会供应链管理系统设计和供应链协调策略
- 五、学习供应链合作伙伴关系和物流管理

10.1 供应链管理思想的提出

一、供应链的概念

供应链是一个系统，是人类生产活动和整个经济活动的客观存在。各个生产、流通、交

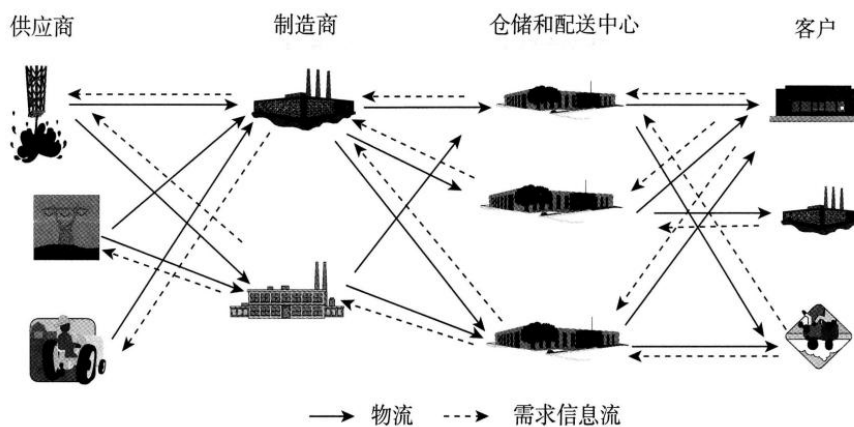
易、消费环节，形成了一个完整的供应链系统。

早期的观点认为供应链是制造企业中的一个内部过程，它是指把从企业外部采购的原材料和零部件，通过生产转换和销售等活动，再传递到零售商和用户的一个过程。

其后发展起来的供应链管理概念注意了与其他企业的联系，注意了供应链企业的外部环境，认为它应是一个“通过链中不同企业的制造、组装、分销、零售等过程将原材料转换成产品，再到最终用户的转换过程”，这是更大范围、更为系统的概念。

到了最近，供应链的概念更加注重围绕核心企业的网链关系，如核心企业与供应商、供应商的供应商乃至一切前向的关系，核心企业与用户、用户的用户及一切后向的关系。

本书给出一个供应链的定义：供应链是围绕核心企业，通过对信息流、物流、资金流的控制，从采购原材料开始，制成中间产品以及最终产品，最后由销售网络把产品送到消费者手中的，将供应商、制造商、分销商、零售商直到最终用户连成一个整体的功能网链结构。



二、供应链的特征

供应链主要具有以下特征：

(1) 复杂性。因为供应链节点企业组成的跨度（层次）问题，供应链往往由多个、多类型甚至多国企业构成，所以供应链结构模式比一般单个企业的结构模式更为复杂。

(2) 动态性。供应链管理因企业战略和适应市场需求变化的需要，其中节点企业需要动态的更新，这就使得供应链具有明显的动态性。

(3) 面向用户需求。供应链的形成、存在、重构都是基于一定的市场需求而发生的，并且在供应链的运作过程中，用户的需求拉动是供应链中信息流、产品/服务流、资金流运作的驱动源。

(4) 交叉性。节点企业可以是这个供应链的成员，同时又是另一个供应链的成员，众多的

供应链形成交叉结构，增加了协调管理的难度。

三、供应链管理的概念

供应链管理就是使供应链运作达到最优化，以最小的成本，使供应链从采购开始，到满足最终顾客的所有过程，包括 workflow、实物流、资金流和信息流等均高效率地操作，把合适的产品，以合理的价格，及时准确地送到消费者手上。

供应链管理是一种集成的管理思想和方法，它把供应链中从供应商到最终用户的流程活动按照供应链总体价值最大化，通过核心企业实现统一协调、计划与控制的目标，最终使得供应链群体中的每一个企业都能受益。

讲解归纳与举例

例：【判断题】供应链管理中包括对 workflow、实物流、资金流和信息流的管理。

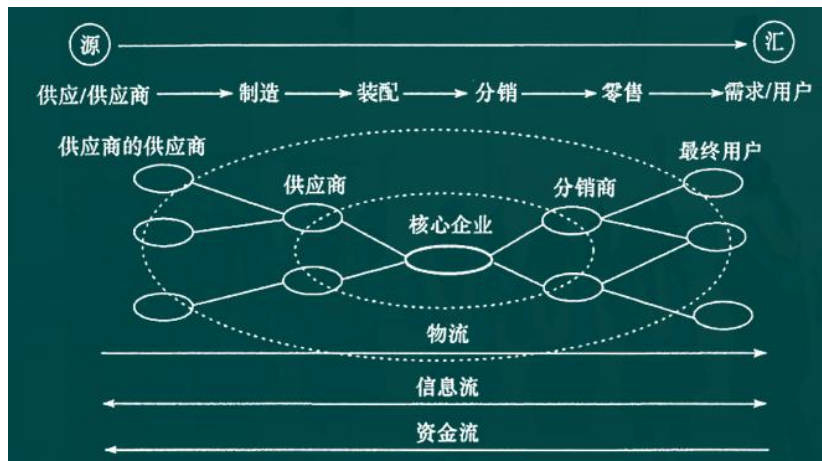
【答案】对

【解析】供应链管理就是使供应链运作达到最优化，以最小的成本，使供应链从采购开始，到满足最终顾客的所有过程，包括 workflow、实物流、资金流和信息流等均高效率地操作，把合适的产品，以合理的价格，及时准确地送到消费者手上。

10.2 供应链系统设计

一、供应链系统的典型结构

供应链是一个网状的“链”，或简称网链，这个网链上有一家核心企业，以核心企业为中心，上下游各有若干节点企业。核心企业可以是制造型企业，也可以是零售型企业。



二、供应链系统的设计

1. 供应链设计与环境因素

构建和设计一个供应链，也必须考虑供应链的运行环境（地区、政治、文化、经济等因素），不仅如此，还应同时考虑未来环境变化对实施供应链的影响。

2. 供应链设计与企业管理组织重构

因为供应链管理是一种新的管理思想，要按照这种思想重构企业的运作框架和战略系统，就要对原有的管理架构进行反思，必要时要进行一些革命性的变革。所以，供应链系统的建设也就是企业或者企业群体进行业务流程的重构过程。

3. 供应链设计与先进制造模式的关系

如果没有全球制造、虚拟制造这些先进制造模式的出现，供应链管理思想是很难实现的。正是先进制造模式的资源配置沿着“劳动密集—设备密集—信息密集—知识密集”的方向发展才使得企业的组织模式和管理模式发生相应的变化，从制造技术的集成演变为组织和信息等资源的集成。

三、供应链系统设计的指导思想和原则

1. 供应链系统设计的指导思想

根据不同群体的需求划分顾客，以使供应链适应市场面需求，按市场面进行物流网络的顾客化改造，满足不同顾客群需求及确保供应链企业能够盈利。

根据市场动态使整个供应链的资源计划成为一体，保证资源的最优配置。

产品差异化尽量靠近用户，并通过供应链实现快速响应。

对供应资源实施战略管理，减少物流与服务的成本。

实施整个供应链系统的技术开发战略，建立能够集成所有合作伙伴的信息技术平台。

采用供应链绩效测量方法，度量满足最终用户需求的效率与效益。

2. 供应链系统设计的原则

1) 自顶向下和自底向上相结合的设计原则

自上而下是系统分解的过程，而自下而上则是集成的过程。在设计一个供应链系统时，往往是先由高层主管做出战略规划与决策，规划与决策的依据来自市场需求和企业发展规划，然后由下层部门实施决策过程，因此供应链的设计是自顶向下和自底向上的综合。

2) 简洁性原则

为了能使供应链具有灵活快速响应市场的能力，供应链的每个节点都应是精简“具有活力的”

能实现业务流程的快速组合。

3) 互补性原则

供应链的各个节点的选择应遵循强强联合的原则，达到实现资源外用的目的，每家企业只集中精力于各自核心的业务流程，就像一个独立的制造单元。

4) 协调性原则

供应链绩效的好坏取决于供应链合作伙伴关系是否和谐，因此，建立战略伙伴关系的合作企业关系模型是实现供应链最佳效能的保证。

5) 动态性原则

由于不确定性的存在，导致需求信息的扭曲，因此要预见各种不确定性因素对供应链运作的影响，减少信息传递过程中的信息延迟和失真。

6) 战略性原则

供应链的建模应有战略性观点，从战略的角度考虑减少不确定性的影响。供应链发展的长远规划和预见性也应体现战略性原则，供应链的系统结构发展应和企业的战略规划保持一致，并在企业战略的指导下进行。

四、供应链系统设计的步骤



五、供应链系统的设计和优化

用于供应链系统设计和优化的方法很多，许多运筹学工具都可以用于设计供应链系统。有很多方法已经成功地用于物流配送中心的设计和优化，并且已经给企业运营带来了利润。一个实际的供应链系统的设计是很复杂的，有时候要借助专业研究人员的力量。

讲解归纳与举例

例：【多选题】供应链系统设计的原则包括（ ）

- A. 自顶向下的设计原则
- B. 简洁性原则
- C. 互补性原则
- D. 协调性原则
- E. 战略性原则

【答案】BCDE

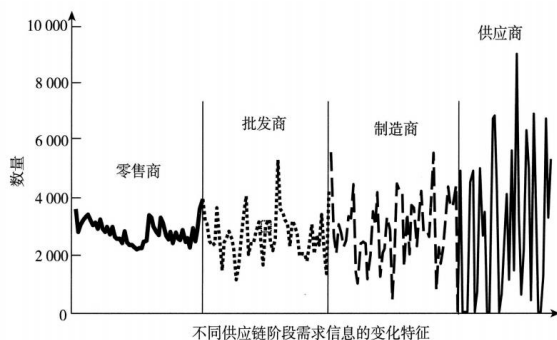
【解析】供应链系统设计的原则包括自顶向下和自底向上相结合的设计原则、简洁性原则、互补性原则、协调性原则、动态性原则、战略性原则。

10.3 供应链协调管理策略

一、供应链协调问题的提出

1. “需求变异放大”现象及其产生的原因

当供应链的各节点企业只根据来自其相邻的下级企业的需求信息做出生产或供给决策时，需求信息的不真实性会沿着供应链逆流而上，使订货量逐级放大，到达源头供应商时，其获得的需求信息和实际消费市场中的顾客需求信息发生了很大的偏差，需求变异将实际需求量放大了。由于这种需求放大效应的影响，上游供应商往往维持比下游供应商更高的库存水平。



“需求变异放大”现象进行了深入的研究，将其产生的原因归纳为以下几个方面。

(1) 需求预测修正。需求预测修正是指当供应链的成员采用其直接的下游订货数据作为市场需求信号时，即会产生“需求变异放大”现象。

(2) 产品定价策略导致订单规模的变动性。

(3) 分摊订货成本。

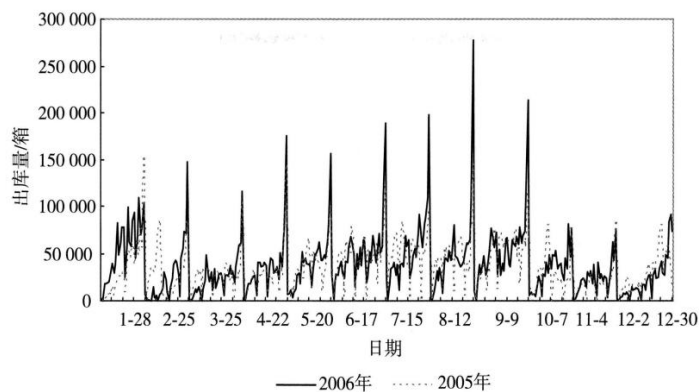
(4) 补货供给期延长。

(5) 短缺博弈。

总之，由于缺少信息交流和共享，企业无法掌握下游的真正需求和上游的供货能力，只好自行多储货物。同时，供应链上无法实现存货互通有无和转运调拨，只能各自持有高额库存，从而导致“长鞭效应”。

2. “曲棍球棒”现象及其产生的原因

在企业实现供需活动过程中，存在一种称为“曲棍球棒”的现象，即在某一个固定的周期（月、季或年）前期销量很低，到期末销量会有一个突发性的增长，而且这种现象在企业生产和经营活动中会周而复始地出现，其需求曲线的形状类似于曲棍球棒。



在快速消费品行业，“曲棍球棒”现象非常普遍和明显。在这个行业，销售人员一般负责某个指定区域的销售工作，区域内有几个到十几个经销商，公司对销售人员采取的薪资政策如上所述。此外，这些公司为了促使经销商长期更多地购买，普遍采用一种称为总量折扣的促销政策，这种促销政策也是造成“曲棍球棒”现象的根源之一。

“曲棍球棒”现象的存在给公司的生产和物流运作带来了很多负面的影响。在这种情况下，公司在每个考核周期的期初几乎收不到经销商的订单，而在临近期末的时候订货量又大幅增加。

3. 双重边际效应

双重边际效应是供应链上下游企业为了谋求各自收益最大化，在独立决策的过程中确定的产

品价格高于其生产边际成本的现象。如果下游企业的定价过高，必然会造成市场需求的萎缩，导致供应链总体收益下降。

企业个体利益最大化的目标与整体利益最大化的目标不一致，是造成双重边际效应的根本原因。为了减弱这种效应，就要努力提高供应链的协调性，尽可能消除不协调因素的影响。

二、提高供应链协调性的方法

1. 缓解“长鞭效应”的方法

- 1) 提高供应链企业对需求信息的共享性
- 2) 科学确定定价策略
- 3) 提高运营管理水平，缩短提前期
- 4) 提高供应能力的透明度
- 5) 建立战略性合作伙伴关系

2. 缓解“曲棍球棒”现象的方法

为了消除“曲棍球棒”现象，平衡物流，公司可以采用总量折扣和定期对部分产品降价相结合的方式。

除此之外，公司还可以对不同的经销商采用不同的统计和考核周期，从而让经销商的这种进货行为产生对冲，以缓和公司出货中的“曲棍球棒”现象。

3. 供应契约——化解双重边际效应的措施

供应契约是指通过合理设计契约，减少合作双方的机会主义行为，促进企业之间的紧密合作，确保有效完成双方的订单交付，保证产品质量，提高用户满意度，降低供应链成本，提高整条供应链的绩效及每一个成员企业的绩效。

一般而言，判断一种契约是否有效，除了考虑它是否拥有良好的协调条款和利润分配条款、能否提高供应链的利润之外，还需要分析该契约是否易于管理和操作。

讲解归纳与举例

例：**【判断题】**为了消除“曲棍球棒”现象，公司可以对不同的经销商采用不同的统计和考核周期。

【答案】对

【解析】公司可以对不同的经销商采用不同的统计和考核周期，从而让经销商的这种进货行为产生对冲，以缓和公司出货中的“曲棍球棒”现象。

10.4 供应链合作伙伴关系管理

一、供应链合作伙伴关系的含义

供应链合作伙伴关系可以理解为供需双方在一定时期内共享信息、共担风险、共同获利的一种战略性协议关系。

建立供应链合作伙伴关系就意味着新产品和技术的共同开发、数据和信息的交换、市场机会共享和风险共担。在供应链合作伙伴关系环境下，制造商选择供应商不再只考虑价格优势，而是更注重选择在优质服务、技术革新、产品设计等方面具有综合优势的、能够进行良好合作的供应商。

供应链合作伙伴关系发展的主要特征就是从过去的以产品、物流业务交往为核心转向以资源集成、合作与共享为核心。

二、供应链合作伙伴关系与传统企业间关系的区别

比较项	传统供应商关系	供应链合作伙伴关系
相互交换的主体	物料	物料、服务
供应商选择标准	强调低价格	多个标准并行考虑（交货期、质量和可靠性等）
稳定性	变化频繁	长期、稳定、紧密合作
合同性质	单一、短期	侧重长期战略合同
供应批量	小	大
供应商数量	很多	少（少而精，可以长期紧密地合作）
供应商规模	可能很小	大
供应商的定位	当地	国内和国外
信息交流	信息专有	信息共享（电子化连接、共享各种信息）
技术支持	被动提供	主动提供甚至介入产品开发
质量控制	入库验收、检查控制	质量保证（供应商对产品质量负全部责任）
选择范围	每年一次投标评估	广泛评估可增值的供应商

三、供应链合作伙伴关系的价值

1. 有利于形成基于战略合作伙伴关系的企业集成模式

与合作伙伴形成战略合作关系之后，企业在宏观、中观和微观上都很容易实现相互集成。宏观层面上主要是实现企业之间的资源优化配置、企业合作以及委托实现；而在中观层面上，主要是在一定的信息技术的支持和联合开发的基础上实现信息共享；微观层面上则是实现同步化、集成化的生产计划与控制，并实现物流保障和服务协作等业务职能。

2. 有利于建立战略合作伙伴关系的质量保证体系

战略合作伙伴关系企业必须将客户的需求贯穿于整个设计、加工和配送的过程中，企业不仅要关心产品质量，而且要关心广告、服务、原材料供应、销售、售后服务等活动的质量。我

们把这种基于供应链全流程且以并行工程为基础的质量思想称为“过程质量”，通过实施供应链各节点企业的全面质量管理，达到“零缺陷”输入和“零缺陷”输出，实现基于“双零”（零库存、零缺陷）的精细供应链目的。

3. 有利于战略合作伙伴关系中的技术扩散与服务协作

对于战略合作伙伴关系下的供应链，其竞争优势并不仅仅源于企业有形资产的联合与增加，而是企业成为价值链的一部分，实现了知识的优化重组，达到“强-强”联合，也就是“用最小的组织实现了最大的管理效能”。通过信息的共享，企业把精力用于企业最具创新能力的活动，运用集体的智慧提高应变能力和创新能力。

4. 有利于提高供应链对客户订单的整体响应速度

战略伙伴的企业关系体现了对企业内外资源的集成与优化利用。基于这种企业环境的产品制造过程，从产品的研究开发到投放市场，大大地缩短了周期，而且顾客导向化程度更高，模块化、简单化、标准化的组件，使企业在多变的市场中柔性和敏捷性显著增强。

四、供应链管理环境下合作伙伴选择原则

1. 对于单一供应商选择原则

其优点主要表现在：节省协调管理的时间和精力，有助于与供应商发展伙伴关系；双方在产品开发、质量控制、计划交货、降低成本等方面共同改进；供应商早期参与对供应链价值改进的贡献机会较大。

但是单一供应商也有很大的风险，主要表现在：供应商的失误可能会导致整个供应链的崩溃；企业更换供应商的时间和成本较多；供应商有了可靠顾客，会失去其竞争的原动力及应变、革新的主动性，以致不能完全掌握市场的真正需求等。

2. 对于多供应商原则

其优点主要表现在：通过多个供应商供货可以分摊供应环节中断的风险；可以激励供应商始终保持旺盛的竞争力（成本、交货期、服务）；可以促使供应商不断创新，因为一旦它们跟不上时代的步伐就会被淘汰。

但多供应商原则也有缺点：因为供应商都知道被他人替代的可能性很大，缺乏长期合作的信心，从而降低了供应商的忠诚度；多供应商之间过度价格竞争容易导致供应链出现偷工减料带来的潜在风险等。

讲解归纳与举例

例：【单选题】以下属于供应链合作伙伴关系特点的是（ ）

- A. 侧重长期战略合同
- B. 供应批量小
- C. 供应商数量很多
- D. 供应商规模可能很小

【答案】A

【解析】BCD 属于传统供应商关系的特点。

10.5 供应链管理下的物流管理

一、物流及物流管理的含义

物流是供应链的一个组成部分，是为了满足顾客需求而进行的货物、服务及信息从起始地到消费地的流动过程，以及为使之能有效、低成本地进行而从事的计划、实施和控制行为。

一般而言，物流活动包含以下几个方面的内容：运输、存储、包装、物料搬运、订单处理、预测、生产计划、采购、客户服务、选址和其他活动。

二、物流管理的发展

一般认为，物流管理是从军事后勤管理发展而来的。第二次世界大战期间，美国根据军事上的需要，在对军火进行供应时，首先采用了后勤（logistics）一词。

美国学者鲍沃索克斯在 1974 出版的 Logistics Management 一书中曾对后勤管理下了定义：

“以买主为起点，将原材料、零部件、制成品在各个企业之间有策略地加以流转，最后达到用户手中，其间所需要的一切活动的管理过程。”

从 20 世纪 70 年代后期起，后勤管理逐渐发展为物流管理。

在 20 世纪 80 年代，企业完成了内部物流的集成，许多企业设立了物流管理部门，并设置了物流管理副总裁。

到了 20 世纪 90 年代，企业开始考虑企业之间的物流集成，成为实现供应链管理的一个重要组成部分。

三、供应链中的物流管理

供应链管理的实施离不开物流、信息流、资金流、工作流的集成。尤其是物流，对供应链管

理的运作影响最大。

把物流管理置身于供应链管理环境下，应具有三重作用，也可以说表现为三种形式，即物流的物质表现形式、价值表现形式和信息表现形式。物流的物质表现就是企业之间的物质资源的转移（包括时间、空间和形态的转移）；物流的价值表现是指物流过程是一个价值增值过程，是一个能够创造时间价值和空间价值的过程；物流的信息表现则为物流过程是一个信息采集、传递与加工的过程，伴随物流的运动而产生信息，再将这种信息进行加工处理，为整个供应链的运行提供决策参考。

讲解归纳与举例

例：【判断题】物流管理的前身是后勤管理。

【答案】对

【解析】一般认为，物流管理是从军事后勤管理发展而来的。第二次世界大战期间，美国根据军事上的需要，在对军火进行供应时，首先采用了后勤（logistics）一词。

第 11 章 无库存生产方式

本章重难点分析

- 一、了解 JIT 的基本思想
- 二、辨析推进式和牵引式两种不同生产系统的特点
- 三、理解看板控制系统的运行原理及作用
- 四、掌握组织无库存生产的条件和方法

11.1 JIT 与无库存生产方式

一、JIT 的概念

日本丰田汽车公司从 20 世纪 50 年代末开始推行的 JIT（just-in-time），是旨在消除生产过程中各种浪费现象的一种综合管理技术。

这里所说的浪费，既包含了人们早已熟知的废品、返工、机器故障、交叉往返运输等的浪费，也包含在传统观念下认为是“合理现象”带来的损失，如过量生产、不按生产计划要求准时生产、生产周期过长、投料批量过大引起的在制品积压等。换言之，凡是超出增加产品价值

所绝对必要的最少量的设备、材料和工作时间部分，都是浪费。

JIT，简言之就是在必要的时间，按必要的数量，生产必要的制品（产品和零部件），不过多、过早地生产出暂不需要的制品。

二、浪费的七种表现

1. 过量生产造成的浪费。过量生产一般是指将当前并不需要的产品提前生产出来。在无库存系统看来，这是一种严重的浪费。过量生产挤占了制造资源，占用了过多的生产时间和空间，还引起一连串的过量劳动，如搬运、库存保管等，都要超过正常工作量。另外，过量生产还给工人造成错觉，弄不清楚当前到底真正需要生产什么产品。

2. 等待时间造成的浪费。过量生产不仅造成自身材料和资源的浪费，而且还掩盖了空闲时间。如果工人只生产当前所必需数量的产品，而不容许超前生产，那么空闲时间就暴露出来了，管理人员就能查找原因，采取措施消除空闲。在无库存系统中，如果工人只是看守机器，也是一种浪费。

3. 搬运造成的浪费。搬运活动造成运输费用上升，也造成时间的浪费。应该直接将物料送到工作地，而不是先放在仓库里，然后进行二次搬运。此外，工作地、生产单位布局不当也会造成搬运浪费，因此必须仔细考虑布置方案。

4. 工艺流程造成的浪费。加工工艺流程设计不合理，也是导致浪费的因素之一。不合理的工艺流程会导致加工路线长、人员和工艺装备配备多，致使生产周期长、生产成本低。

5. 库存造成的浪费。过量库存主要是过量生产引起的。过量库存导致额外的存放场地、额外的保管费用、额外的利息支出等。要消除过量库存，首先必须消除过量生产。

6. 动作造成的浪费。工人操作动作、劳动工具及工作地都应该很好地设计，用最经济的动作完成操作。花费时间寻找工具就是一种浪费，因为时间没有用到生产上。

7. 产品缺陷造成的浪费。产品缺陷造成的返工或报废，浪费了原材料和已消耗的劳动时间。即使容许重新补充投料再生产一个符合质量要求的产品，但已延长了生产周期，增加了劳动消耗。如果产品不出现缺陷，这种浪费就不存在了。

三、JIT 的基本思想

1. 后道工序到前道工序提取零部件

上道工序在没有接到下道工序提取零部件的指令前，不能随意生产，这样一来就把上道工序应该生产的数量、品种、时间严格限制在下道工序需要的范围内，消除了过量、过早地生产。

2. 小批量生产、小批量传送

批量的缩小不仅使工序生产周期大为缩短，而且减少了工序在制品储备，这对于降低资金占用率、缩小保管空间、降低成本以及减少废次品的损失都起着很大的作用。

3. 用最后的装配工序来调整平衡全部生产

JIT 的运行机制是后序指导前序，由此可推得 JIT 的起点是最后的装配工序，这就意味着装配工序实际上起着调节与平衡全部生产的作用。

4. 宁可中断生产，绝不积压储备

在实行 JIT 的初期，生产过程中一般都会出毛病，但是，权衡轻重，中断生产的损失较之积压储备、掩盖生产中的矛盾、麻痹生产管理人员思想等所带来的危害要小得多。

四、无库存生产方式

JIT 认为库存像恶魔，它不仅直接造成浪费，还将许多管理不善的问题掩盖起来，使问题得不到及时解决，就像水掩盖了水中的石头一样。



无库存生产方式是一种新的生产方式，也有人称之为新的生产哲理。任何一种新生事物的成长都不是一帆风顺的。推行无库存生产，将这种新的生产哲理付诸实施，也要付出巨大的努力。

成功企业的经验表明，实行无库存生产必须从以下几个方面做出努力。(1) 建立牵引式生产系统。(2) 实行看板控制方式。(3) 实现生产平准化。(4) 构造无库存制造单元。(5) 降低设备调整时间。(6) 提高质量水平。(7) 具有多技能的操作工人。(8) 不断改进生产系统。

讲解归纳与举例

例：【判断题】JIT 的起源是日本丰田汽车公司。

【答案】对

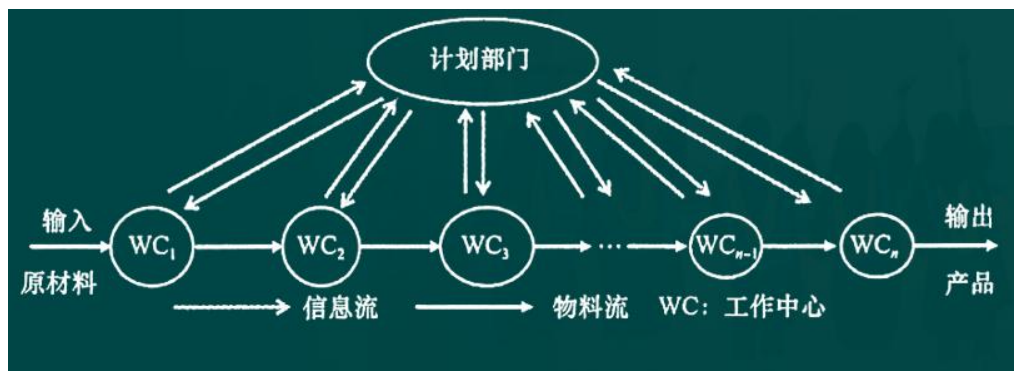
【解析】日本丰田汽车公司从 20 世纪 50 年代末开始推行的 JIT (just-in-time)，是旨在消除生产过程中各种浪费现象的一种综合管理技术。

11.2 推进式和牵引式生产系统

一、推进式生产系统

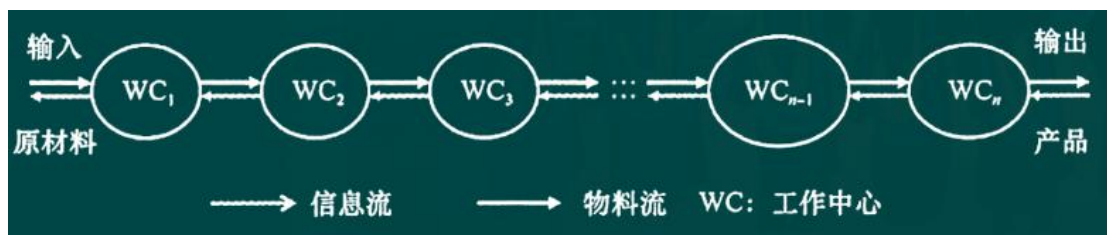
推进式方法是由一个计划部门根据市场需求，按零部件展开，计算出每种零件与部件的需要量和各生产阶段的生产提前期，确定每个零部件的投入出产计划，按计划发出生产和订货的指令。

每一个工作地、每一个生产车间和生产阶段都按计划制造零部件，将实际完成情况反馈到计划部门，并将加工完的零部件送到后一道工序和下游生产车间，不管后一道工序和下游生产车间当时是否需要。物流和信息流是分离的。



二、牵引式生产系统

牵引式方法是从市场需求出发，由市场需求信息牵动产品装配，再由产品装配牵动零件加工。每道工序、每个车间和每个生产阶段都按照当时的需要向前一道工序、上游车间和生产阶段提出要求，发出工作指令，上游工序、车间和生产阶段完全按照这些指令进行生产。物流和信息流是结合在一起的。



对于推进式系统，进行生产控制的目的就是要保证按生产作业计划的要求按时完成任务。但实际上，由于计划难以做到十分精确，加上不可避免的随机因素的干扰，一般不能做到每道

工序都按时完成，这就需要取得实际进度和计划要求偏离的信息，并采取纠正措施。

采用牵引式系统可以真正实现按需生产。如果每道工序都按其紧后工序的要求，在适当的时间，按需要的品种与数量生产，就不会发生不需要的零部件被生产出来的情况，也就解决了过量生产的问题。

讲解归纳与举例

例：【判断题】推进式系统中，物料流和信息流是结合在一起的。

【答案】错

【解析】推进式系统中，物料流和信息流是相分离的。

11.3 看板控制系统

一、看板的含义

看板，又称作“传票卡”，是传递信号的工具。它可以是一种卡片，也可以是一种信号、一种告示牌。通过看板组织生产、传递工件，就构成了看板控制系统。

看板通常可以分为生产看板和传送看板两种形式。

生产看板用于指挥工序生产，它规定了所生产的零件及其数量，典型的生产看板如图：

工作地号： <u>A-14</u>	工序 总装配 (F)
零件号： <u>NK-200406</u>	
零件名称： <u>支持架</u>	
零件型号： <u>KEI-7066</u>	

看板通常可以分为生产看板和传送看板两种形式。

传送看板用于指挥零件在前后两道工序之间的移动，典型的传送看板如图：

工作地号： <u>A-14</u>	上道工序 零件车加工 下道工序 部件装配 (E)	
零件号： <u>NK-200406</u>		
零件名称： <u>支持架</u>		
零件型号： <u>KEI-7066</u>		
内容		
容量	类型	编号
14	M-1	113412

二、看板的功能

1. 生产以及运送的工作指令

看板中记载着生产量、时间、方法、顺序，以及运送量、运送时间、运送目的地、放置场所、搬运工具等信息，从装配工序逐次向前工序追溯，在装配线将所使用的零部件上所带的看板取下，以此再去前工序领取。

2. 防止过量生产和过量运送

看板必须按照既定的运用规则来使用。其中一条规则是：“没有看板不能生产，也不能运送。”根据这一规则，看板数量减少，则生产量也相应减少。由于看板所表示的只是必要的量，因此通过看板的运用能够做到自动防止过量生产以及适量运送。

3. 进行“目视管理”的工具

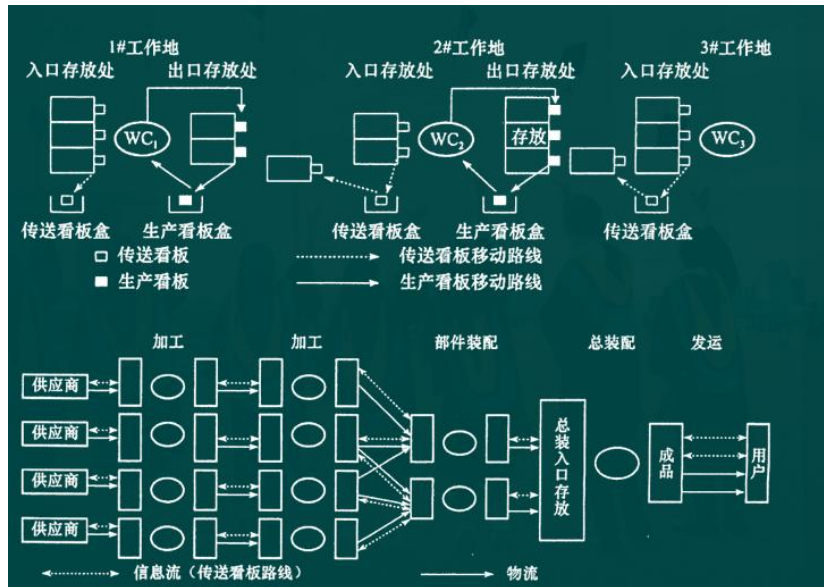
看板的另一条运用规则是“看板必须在实物上存放”“前工序按照看板取下的顺序进行生产”。根据这一规则，作业现场的管理人员对生产的优先顺序能够一目了然，易于管理。通过看板就可知道后工序的作业进展情况、库存情况等。

4. 改善的工具

根据看板的运用规则之一“不能把不良品送往后工序”，后工序所需得不到满足，就会造成全线停工，由此可立即使问题暴露，从而必须立即采取改善措施来解决问题。这样通过改善活动不仅使问题得到了解决，也带来了生产率的提高。

三、看板控制系统工作流程

当需要装配某台产品时，3号工作地就从它的入口存放处取走需要的零件，在取走零件时将附在容器上的传送看板放到看板盒中，搬运工人看到传送看板盒中的看板，就按照传送看板规定的供方工作地及出口存放处号，找到存放所需零件的容器，将容器上挂着的生产看板取下，放到2号工作地的生产看板盒中，并将传送看板挂到该容器上，将容器运到3号工作地的入口存放处相应的位置，供装配使用。



四、看板运行张数的计算

看板的运行是按发行看板张数来组织的，看板运行的张数可以由不同的方式求得。厂内看板运行的张数可用下式计算：

$$N = N_m + N_p$$

$$N_m = DT_w (1 + A_w) / p$$

$$N_p = DT_p (1 + A_p) / p$$

N_m 为传送看板数量， N_p 为生产看板数量， D 为对某零件的日需要量， p 为标准容器中放置某种零件的数量； T_w 为零件的等待时间（日），即传送看板的循环时间； T_p 为所需的加工时间（日），即生产看板的循环时间； A_w 为等待时间的容差； A_p 为加工时间的容差。其中， A_w 和 A_p 应该尽可能接近于零。

【例题】对某零件的日需要量 $D=24000$ 件/天，标准容器放置该零件数量为 $p=100$ 件/箱，每天实行一班制，8小时为一工作日。 $T_w=1$ 小时 $=\frac{1}{8}$ 工作日， $T_p=0.5$ 小时 $=\frac{1}{16}$ 工作日， $A_w=A_p=0.2$ ，求所需传送看板数和生产看板数。

$$N_m = D * T_w (1 + A_w) / p = \frac{24000}{100} \times \frac{1}{8} (1 + 0.2) = 36 \text{ 个}$$

$$N_p = D * T_p (1 + A_p) / p = \frac{24000}{100} \times \frac{1}{16} (1 + 0.2) = 18 \text{ 个}$$

需要传送看板36个，生产看板18个。

五、看板管理的主要工作规则

1. 无论是生产看板还是传送看板，使用时必须附在装有零件的容器上。
2. 必须由需方工序凭传送看板到供方工厂提取零件，或由需方向供方发出信号，供方凭传送看板转运零件。严格执行不见看板（信号）不传送的制度。
3. 要使用标准容器，不允许使用非标准容器或者虽使用标准容器但不按标准数量放入。这样做可以减少搬运与点数时间，并可防止损伤零件。
4. 当按生产看板加工零件时，只生产一个标准容器所容纳数量的零件；当容器装满时，一定要将看板附在标准容器上。
5. 不合格的零件绝对不允许挂看板；没有挂看板的容器绝对不允许运走。

讲解归纳与举例

例：【判断题】在看板管理中，没有看板也可以运送零件。

【答案】错

【解析】看板必须按照既定的运用规则来使用。其中一条规则是：“没有看板不能生产，也不能运送”。

11.4 组织无库存生产的基本条件

一、组织平准化生产

无库存生产是平准化生产。这里所说的平准化，就是物流流完全与市场需求合拍，并始终处于平稳的运动状态之中。

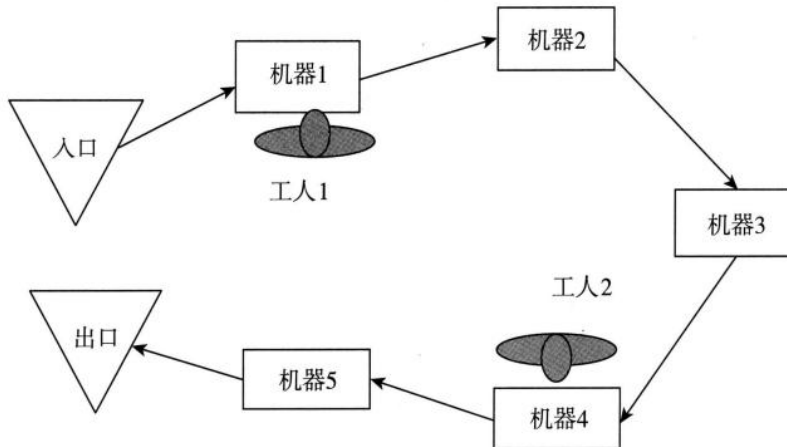
例如，按市场需求，某厂3月份要生产A、B、C、D四种产品，每种产品的月产量分别为：A产品400台，B产品300台，C产品200台，D产品100台，总共1000台。该月有25个工作日。

当每种产品各生产一次时，可以先生产A产品400台，然后生产B产品300台，再生产C产品200台，最后生产D产品100台。这是一种扩大批量的组织生产方法，它可以节省调整准备时间。如果减少批量，每天生产A产品16台，B产品12台，C产品8台，D产品4台。一个月25天重复25次。进一步扩大生产频率，可以做到按“AAAA—BBB—CC—D”这样的顺序轮番生产，1/4个工作日重复一次，一个月重复100次。这样改进下去，可以达到一个极限，即按“A—B—C—A—B—C—A—B—A—D”这样的顺序重复生产，这就达到了理想的情况，实现了平准化生产。

二、构造无库存制造单元

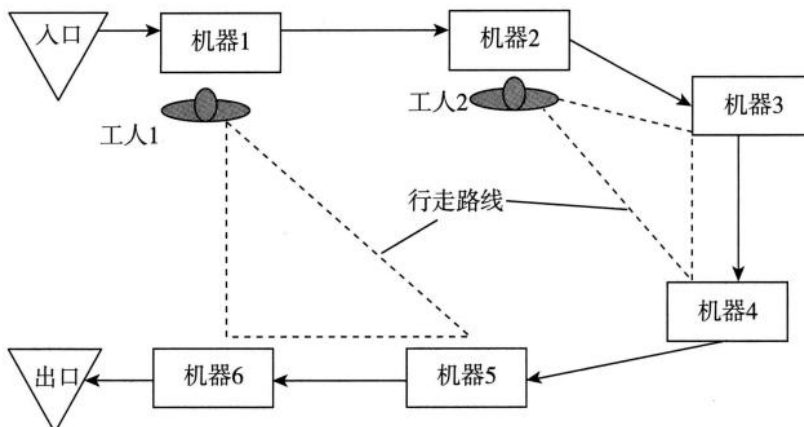
1. “C”形制造单元

机器布置成一个圆周，操作工人沿圆周依次走过各台机床。人沿机器走一周的时间等于该工人在每台机床上操作时间之和，提高机器自动化水平，可以减少循环时间，工人利用机床自动走刀时间，可在其他机床上从事装卸作业，提高人机并行作业程度，从而缩短循环时间。单元内通过调整工装，可以加工不同零件。



2. “U”形制造单元

制造单元也可以布置成“U”形，“U”形制造单元可由一个多技能操作者从单元入口处依次操作所有机床，一直到出口处，然后再从入口处开始，如此循环往复。为提高效率，也可以安排两个或更多的工人，每人负责一定的工序，相互配合，可以提高单元的生产率。



三、降低设备调整时间

若机器的调整准备时间不能压缩，扩大生产频率就会使调整准备占用的时间大大增加，这是不划算的。减少调整准备时间使生产系统具有柔性，使它能够非常快地从生产一种产品转向

生产另一种产品，从加工一种零件转向加工另一种零件。

通常，可以采用以下方法来减少调整准备时间：

- 1) 尽可能在机器运行时进行调整准备；
- 2) 尽可能消除停机时的调整时间；
- 3) 进行人员培训；
- 4) 对设备和工艺装备进行改造。

四、具有稳定的质量水平

在 JIT 生产方式中，通过将质量管理贯穿于每一工序之中来实现提高质量与降低成本的一致性。在 JIT 方式中，试图通过产品的合理设计，使产品易生产、易装配，当产品范围扩大时，即使不能扩大工艺过程，也要力求不增加工艺过程，具体方法有：①模块化设计；②设计的产品尽量使用通用件、标准件；③设计时应考虑易实现生产自动化。

JIT 强调全面质量管理，目标是消除不合格品，消除可能引起不合格品的根源，并设法解决问题，JIT 中还包含许多有利于提高质量的因素，如批量小、零件很快移到下道工序、质量问题可以及早发现等。

五、具有多技能的操作工人

多技能工人对整个企业是有利的。但是多技能工人的培养和训练给企业增加了困难。此外，从多技能工人这方面来看，也增加了他们的负担，如工作更紧张、学习内容更多等。

无库存生产要求企业具有一定数量的多技能工人，以便在实行无库存制造单元时能有符合要求的多技能的操作工人。多技能工人是实行无库存生产方式的重要资源。制造单元的柔性在很大程度上取决于系统内操作工人掌握技能的水平和熟练程度。具有多技能的操作工人能迅速适应加工对象的变化，因此，培养一批具有多技能操作的工人队伍是无库存生产的基础。

六、保持各生产单元之间的物流平衡

对一个企业来说，并不是所有零件都能适应无库存制造单元生产方式，JIT 的发源地丰田汽车公司也只有 60%零件能采用看板管理。这说明，在一个企业内同时并存着各种类型的制造单元，因此，寻求各单元之间的平衡就成为保证顺利推行无库存生产方式的一项重要工作。

七、预防性设备维修

无库存生产系统只为下游工作地保持很少的在制品，设备一旦出故障，就会立刻影响整个生产过程。为了消除设备故障造成的影响，要采用预防性维修策略。在设备没有出现故障之前，及时更换已磨损或已近老化的部件，把设备故障消灭在萌芽状态之中。设备操作者要担负起设备的日常养护的任务。

八、合作精神

无库存生产方式要求工人和管理人员之间、生产企业和供应商之间具有良好的合作精神。没有合作精神，无库存生产就不可能取得实效。

无库存生产在日本取得了巨大成功，在美国推行起来则困难重重，这与日本和美国的文化差异不无关系。日本人的团结合作精神是无库存生产的基础；美国人的个人至上主义则是无库存生产的最大障碍。这说明在推行无库存生产中，要把相互之间的合作精神放在第一位，员工之间要相互了解、相互配合。

九、与供应商形成合作伙伴关系

在无库存生产的采购中，与供应商建立良好的关系是十分重要的。企业改变了过去选择多家供货的做法，把重点放在选择少数信誉好的供应商建立长期的紧密联系。供应商也希望能与厂家有长期的合作，这样一来它就愿意投资改造自己的生产系统，使之符合购买厂家的要求。如果没有长期稳定的合作关系，供应商是不敢大胆投资的。在无库存生产方式下，价格已成为第二位的了，重点放在高品质、准时、高柔性、快速反应等几个关键要素上。

十、准时采购

准时采购即 JIT 采购，是一种先进的实现 JIT 哲理的采购模式。它的基本思想是：在恰当的时间、恰当的地点，以恰当的数量、恰当的质量提供恰当的物品。它是从准时生产发展而来的，是为了消除库存和浪费而进行的持续性改进。

准时采购包括供应商的支持与合作以及制造过程、货物运输系统等一系列的内容。准时采购不但可以减少库存，还可以加快库存周转、缩短提前期、提高购物的质量、获得满意交货等效果。

要实施准时采购，以下三点是十分重要的。

- (1) 选择最佳的供应商，并对供应商进行有效的管理是准时采购成功的基石。

- (2) 供应商与用户的紧密合作是准时采购成功的钥匙。
- (3) 卓有成效的采购过程质量控制是准时采购成功的保证。

讲解归纳与举例

例：【多选题】组织无库存生产的基本条件包括（ ）

- A. 降低设备调整时间
- B. 组织平准化生产
- C. 尽可能多备库存
- D. 具有稳定的质量水平
- E. 预防性设备维修

【答案】 ABDE

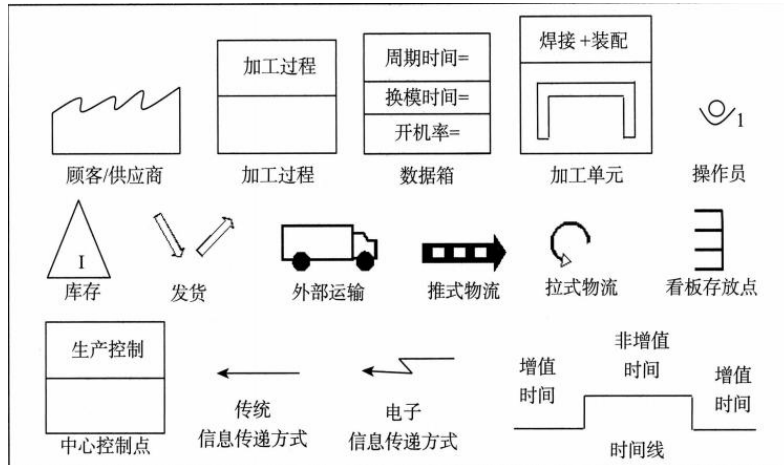
【解析】 C 项错误，应构造无库存制造单元。

11.5 价值流图

一、价值流图的基本符号

20 世纪 80 年代中后期，美国学者詹姆斯·沃麦克等将具有丰田汽车公司生产实践特征的无库存生产方式命名为 lean production，一般将之翻译为精细生产或精益生产。詹姆斯·沃麦克提出了推行精细生产的五大原则，即定义价值、识别价值流、流动、拉动、持续改进。为了描述价值流，并对价值流进行改善，人们提出了价值流图这一工具。价值流图是表示产品或服务价值形成过程的图示化方法，它是精细生产分析的基本工具，也是用于管理改善的工具。利用价值流图技术，不仅可以直观地表达产品与服务的价值形成过程，还可以帮助人们发现其中的浪费和产生浪费的根源，从而为消除浪费提供依据。

价值流图使用符号语言描述产品或服务的价值形成过程，其中包含了作业过程、信息流和物料流。相应地，这些符号语言也可分为：描述作业过程的符号、描述物料流的符号、描述信息流的符号。



二、价值流分析过程

价值流图涵盖从原材料制成产品到发货给顾客的整个过程，包含物料流和信息流。价值流图的绘制和分析过程主要包括以下内容。

- (1) 划分产品族。以产品族作为价值流分析对象，首先将产品划分成若干产品族。产品族是具有相似加工过程的一组产品，要针对一个产品族绘制相应的价值流图。
- (2) 绘制价值流现状图。不同产品族有不同的工艺流程，而同一个产品族有类似的工艺流程，因此需要为每一个产品族绘制价值流图。
- (3) 对价值流现状图进行分析。分析其中存在的问题与浪费，找出消除浪费的机会，并运用精益生产的思想、方法与工具，制订改进的方案。
- (4) 绘制经过改进后的价值流未来状态图。
- (5) 制订价值流改进计划，并对价值流实施改进，不断改进改善，逐步达到未来状态。

讲解归纳与举例

例：【判断题】价值流图是推行精细生产的重要工具。

【答案】对

【解析】价值流图是表示产品或服务价值形成过程的图示化方法，它是精细生产分析的基本工具，也是用于管理改善的工具。

第 12 章 约束理论

本章重难点分析

- 一、了解约束理论的产生与基本思想
- 二、掌握约束理论的绩效评估方法
- 三、领会 DBR 系统
- 四、辨析基于约束理论的生产企业分类

12.1 约束理论的产生与基本思想

一、约束理论的产生

最优生产技术 (OPT)，是以色列物理学家艾利·高德拉特博士和其他三位以色列籍合作者于 20 世纪 70 年代提出的。

最初，它被称为最优生产时间表，20 世纪 80 年代才改称为最优生产技术。按照 OPT 的九条作业计划制订原则制订的作业计划，既可行又准确。

后来，高德拉特又进一步将它发展成为约束理论 (TOC)。OPT 产生的时间不长，却取得了令人瞩目的成就，是继 MRP 和 JIT 之后出现的又一项组织生产的新方式。

二、约束理论的几个概念

1. 约束与瓶颈

TOC 认为，对于任何一个由多阶段构成的系统来讲，如果其中一个阶段的产出取决于前面一个或几个阶段产出的话，那么，是那个产出率最低的环节决定着整个系统的产出水平。这就好比一个链条的强度是由它最薄弱的环节来决定的，这个最薄弱的环节就是系统的约束。约束是一个广义的概念，通常也称作“瓶颈”。

所谓瓶颈（或瓶颈资源），指的是实际生产能力小于或等于生产负荷的资源，这一类资源限制了整个生产运作系统的产出速度。其余的资源则为非瓶颈资源。

要判别是否为瓶颈，应从资源的实际生产能力与它的生产负荷（或对资源的需求量）来考察。这里说的需求量不一定是市场的需要量，而是指企业为了完成它的产品计划而对该资源的需求量。

如何理解 OPT 思想下的瓶颈呢？某产品 P 的生产流程如下：

原材料→机器 A→机器 B→市场

假设：市场需求为每周 25 个单位，机器 A 的生产能力为每周生产 15 个单位，机器 B 的生产能力为每周生产 20 个单位。那么，生产系统的瓶颈出现在哪里？

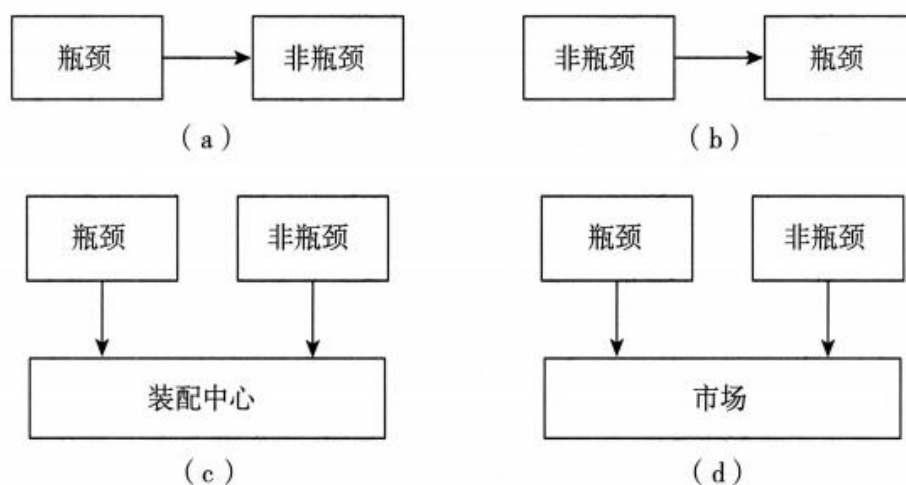
二、约束理论的几个概念

1. 约束与瓶颈

从传统的观点来看，如果相对市场需求来说，机器 A 与机器 B 都应该为瓶颈。而根据 TOC 的定义，只有机器 A 为瓶颈，因为机器 B 的生产能力虽然每周只有 20 个单位，但每周只能接到机器 A 所能生产的 15 个单位的最大生产负荷，即机器 B 生产能力超过了对它的需求量，因而它不是瓶颈。

若企业又购买了一台机器 A，则机器 B 为唯一的瓶颈。这时，尽管两台机器 A 每周能生产 30 个单位，但市场需求要求其每周只生产 25 个单位。而机器 B 每周只能生产 20 个单位，小于对其每周生产 25 个单位的需求量，则它就成为瓶颈。

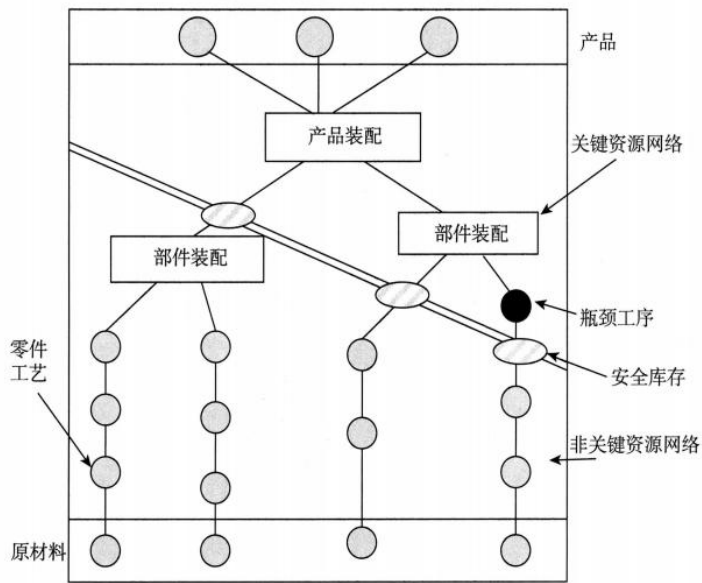
任何企业只应该存在着少数的瓶颈资源。瓶颈与非瓶颈之间存在着 4 种基本的关系



2. 关键资源网络和非关键资源网络

关键资源网络是由瓶颈工序开始一直到最终装配工序的路线及其相关边缘节点组成的网络。

其他的工序则组成非关键资源网络。为了尽可能使关键资源网络的利用率达到最高水平，一般会在关键资源网络和非关键资源网络交界的地方设置安全库存。



三、约束理论的五步聚焦法

为了改善系统绩效，应当将有限的资源集中在系统的约束条件上。TOC 提出了解决管理问题、改善系统绩效的五个主要步骤。

第一步，找出系统中的约束：找出系统约束的过程就是分析管理问题的过程。

第二步，决定如何利用系统约束：找出系统约束的过程就是分析管理问题的过程。

第三步，使企业的所有其他活动服从第二步做出的决定。

第四步，打破系统约束：使它不再是约束。

第五步，重返第一步，发现新的瓶颈，持续改善。

讲解归纳与举例

例：【判断题】要判别是否为瓶颈，应从资源的实际生产能力与它的生产负荷（或对资源的需求量）来考察。

【答案】对

【解析】所谓瓶颈（或瓶颈资源），指的是实际生产能力小于或等于生产负荷的资源，这一类资源限制了整个生产运作系统的产出速度。其余的资源则为非瓶颈资源。

12.2 约束理论的绩效评估方法

一、绩效衡量指标

1. 财务指标

TOC 认为，企业的目标是现在和将来都能赚钱。在传统的成本会计中，要衡量一个企业是否能赚钱，通常采用以下三个财务指标来衡量。

①净利润 (NP)：即一个企业赚多少钱的绝对量。

②投资收益率 (ROI)：表示一定时期的收益与投资之比。

③现金流 (CF)：表示短期内收入和支出的钱。

2. 作业指标

按照 TOC 的观点，在生产系统中，作业指标也有三个。

(1) 产销率 (T)。产销率也被称为有效产出，是指企业单位时间内生产出来并销售出去的产品实现的收益。这里的产销率不是一般的通过率或产出率，它反映了企业将产品销售给顾客后获取金钱的速率。生产出来但未销售出去的产品只是库存。按照 TOC 的方法，有效产出的计算公式为 $T=SR-VC$

式中，T 为有效产出；SR 为销售收入；VC 为可变成本。

(2) 库存 (I)。库存是一切暂时不用的、用于将来目的的资源。它不仅包括为满足未来需要而准备的原材料、加工过程的在制品和一时不用的零部件、未销售的成品，而且包括扣除折旧后的固定资产。库存占用了资金，产生一系列维持库存所需的费用。

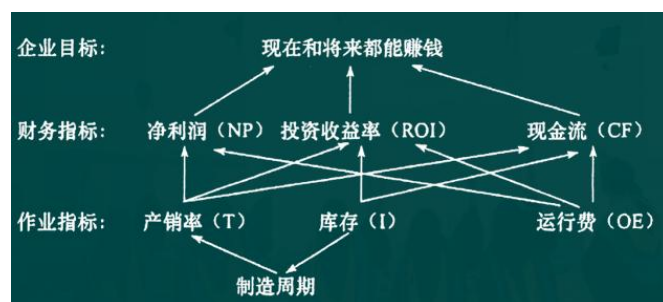
(3) 运营费 (OE)。OE 是生产系统将库存转化为产销量的过程中的一切花费，包括所有的直接费用和间接费用。按照 TOC 的观点，运营费包含直接劳务费和间接劳务费，因为在大多数的企业经营中，不论是进行直接车间作业的员工，还是进行间接部门作业的员工，大多需要通过定量工资雇佣，而人工费大多作为固定费用支付也比较符合实际状况。也就是说，除了直接材料成本，其他成本费用都计入 OE。

3. 绩效衡量指标之间的关系

有效产出 $T=SR-VC$ 。

净利润 $NP=T-OE$ 。

投资收益率 $ROI=NP/I$ 。

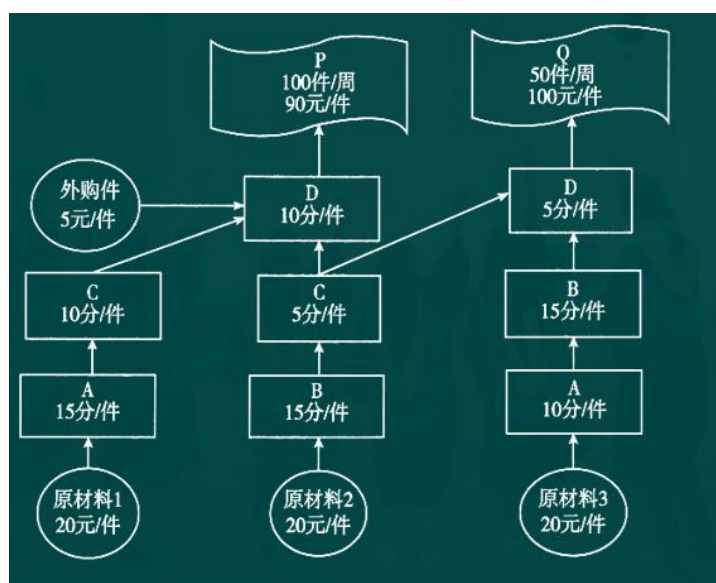


降低库存还能缩短制造周期。缩短制造周期是提高企业竞争能力的一个重要因素。缩短制造周期对于缩短顾客的订货提前期、提高对顾客订货的响应性以及争取较高的价格都有很大作用。于是，制造周期的缩短导致市场占有率的增加，从而导致未来的产销量的增加。

二、产品组合决策

一个企业，无论其规模如何，都是在有限资源的约束下从事生产经营活动的。因此，在企业经营管理中，经常遇到多种产品生产决策问题，即如何合理地利用有限的资源，优化产品结构，以得到最大的经济效益。提高企业产品组合决策能力是提升企业生产管理水平的一个有效手段。

【例题】两个产品 P 和 Q，每周的需求量为 100 件 P，50 件 Q。售价分别为 P：90 元/件，Q：100 元/件。有 4 个工作中心 A、B、C、D，每个工作中心都有一台机器，每周运行 2400 分钟，每周的运营费用为 6000 元。需要 3 种原材料，原材料的成本及加工路线如图。求解利润最大的生产组合。



步骤 1：辨别系统的约束。要辨别系统的约束，需要计算机器的负荷，如表所示。由于机器 B 的负荷率最大，而且超过 100 所以机器 B 是瓶颈。如果要满足 P、Q 的每周需求量，B 需要另外 25% 能力。

资源	每周工作时间/分		加工负荷/分	可用时间/分	负荷率/%
	P	Q			
A	1500	500	2000	2400	83
B	1500	1500	3000	2400	125
C	1500	250	1750	2400	73
D	1000	250	1250	2400	52

步骤 2: 决定如何利用系统的约束。TOC 是建立在系统的绩效由资源约束决定这一假设基础上的, 因此 TOC 主要是使资源约束对目标贡献最大化。要最有效地利用 B, 意味着要使在 B 上消耗单位时间所生产的产品带来的有效产出最大化。

项目	P	Q
销售价格/(元/件)	90	100
材料成本/元	45	40
贡献/元	45	60
时间/分钟(资源 B)	15	30
单位时间贡献/(元/分)	3	2

步骤 2: 所以, 在生产 Q 之前应尽可能多地生产 P (即 100 件)。100 件 P 消耗 B 的 1500 分钟, 剩下 900 分钟用于 Q, 只能生产 30 件 Q。所以, 产品组合决策为每周生产 100 件 P, 生产 30 件 Q, 这时能实现最大的有效产出。

有效产出: $T=SR-VC=(90-45) \times 100+(100-40) \times 30=6300$ (元/周)。

净利润: $NP=T-OE=6300-6000=300$ (元/周)。

步骤 3: 使其他的工作服从于开发系统约束的决定。意思是使其他工作配合有效利用系统约束 B, 如材料采购、工作中心排序等。

步骤 4: 提升系统的约束。尽可能采取措施提高约束的绩效, 如缩短调整时间, 采取预防维修等, 或者把贡献最低的产品放到最后安排, 如上面对 Q 的处理。

步骤 5: 如果约束被打破, 再从步骤 1 做起。

三、设备投资决策

与传统成本会计方法不同, TOC 方法是基于是否有利于提高企业有效产出的角度做出设备投资决策的。

【例题】假设某企业考虑购买一台新机器, 价格为 100 万元。这台新机器的效率是现有机器的 2 倍。现有机器加工一个零件的时间为 10 分钟, 直接人工成本为 50 元/小时, 其他日常费用为 200 元/小时 (即为直接人工成本的 4 倍)。投资标准回收期为 2 年。

传统成本会计方法的决策步骤如下。

(1) 根据已知条件, 可知新机器加工一个零件的时间为 5 分钟, 即每个零件节约的时间为 5 分钟。

(2) 物料经理粗略预测这种零件 1 年的需求量为 30000 个。则 1 年可以节约的时间为 5 分/个 \times 30000 个/60 分=2500 小时。

(3) 直接人工成本为 50 元/小时, 日常费用为 200 元/小时, 则每小时的总成本为 250 元, 一年节约的费用为 250 元/小时 \times 2500 小时 =62.5 万元。

(4) 新设备价格为 100 万元, 一年节约的费用为 62.5 万元, 则投资回收期为 1.6 年。

(5) 标准投资回收期为 2 年, 计算出的投资回收期为 1.6 年, 企业据此决定购买新设备。

【例题】

TOC 决策下, 这要分情况来讨论。

第一种情况: 考虑购买的设备不是瓶颈 (事实上大多数设备都不是瓶颈), 那么将会导致如下结果。

(1) 预测的节约不能实现。这是因为: 新设备几乎不可能减少日常费用, 新设备通常也不能减少直接劳动成本。如果有了更好的设备而解雇工人将会引发较高的罢工风险, 而把工人转移到其他部门也不会减少成本。

(2) 库存会增加。这是因为: 通常会使新设备发挥尽可能多的活力, 但由于新设备是非瓶颈, 所以发挥新设备的全部产能不可避免地会导致多余库存的稳定增加。

(3) 产销率不会增加。由于更新的设备是非瓶颈设备, 生产系统的瓶颈没有发生变化, 因此, 有效产出也不会提高。

第二种情况: 考虑购买的设备是瓶颈。

按照 TOC 的观点, 由于这种设备是瓶颈, 那么决策就不应该看节约的成本, 而应该看增加的有效产出。假设公司的总销售额为 1000 万元, 原材料的价格是产品售价的 50%, 即使新设备只增加瓶颈 10% 产能, 购买新设备后就可以增加 100 万元的销售额和 50 万元的有效产出, 净利润也会增加 50 万元。这样计算出的投资回收期也只有 2 年, 是可以购买新设备的。

四、自制与外购决策

在传统的自制与外购决策中, 主要是通过比较外购成本与自制成本的大小来做出决策。主要按以下步骤来进行。

(1) 当外购一种零件时, 计算生产单位这种零件的内部成本, 即有内部成本=原材料成本+

直接劳动成本+日常管理费用

(2) 把这个成本与外部供应商提供的这种零件的价格相比较。如果内部成本大于或等于外购价格，就决定这种零件外购。

【例题】有个工厂生产某种产品需要 A 零件，该零件可以自制，也可以外购。假设生产一个 A 零件需要的原材料成本为 50 元，需要的加工时间为 15 分钟，直接人工成本为 100 元/小时。则每个 A 零件的直接人工成本为 25 元。并假设间接成本为直接成本的 4 倍，则一个 A 零件的内部总生产成本为 $50+25+25\times 4=175$ 元。若外部供应商提供的 A 零件报价为每个 100 元，则按照传统方法，决策的结果是外购，因为外购一个零件可以节省 75 元。

按照 TOC 理论分析：

第一种情况：如果考虑外购的零件只在非瓶颈设备上生产，那么预测的成本节约是不能实现的，原因如下。

(1) 零件外购通常不能减少日常管理费用（即间接费用），相反，零件外购后，需要对外购零件进行管理，这有可能会增加日常管理费用。

(2) 零件外购后，也不能减少直接人工成本，因为通常会把工人转移到其他部门。

(3) 仅有可能节约的只是直接原料成本。

由此看来，若供应商提供的价格为 100 元，则仅节约原材料成本 50 元，零件外购的结果是成本增加了 50 元，而不是节约了 75 元。

第二种情况：外购的零件生产流程中至少有一道工序需要在瓶颈设备上完成。

根据 TOC，当需要考虑瓶颈时，决策就不应该看成本节约，而应该看增加的额外销售。假定公司的总销售额为 1000 万元，产品的原材料成本平均为售价的 50%，每年生产某个零件 1000 个单位，消耗瓶颈产能的 3%，如果外购这 1000 个零件会是什么结果呢？

这将会释放出瓶颈 3% 产能，那么销售就能提高 3%，也就是 $3\% \times 1000=30$ 万元/年。新增加的原材料费为 $50\% \times 30=15$ 万元/年，那么净利润将增加 $30-15=15$ 万元/年。

又假设外购的单位价格为 30 元，那么外购 1000 个零件的成本为 3 万元。外购后节约了原材料成本 5000 元（假设每个零件消耗的原材料成本为 5 元），那么外购的净成本为

$30000-5000=25000$ 元。最后，公司增加的净利润为 $150000-25000=125000$ 元/年。

五、产品定价决策

在传统价格决策中，主要根据成本会计方法计算出产品的总成本（包括直接成本和间接成本），然后再和产品售价进行比较。如果产品售价大于成本，那么销售产品就可以获利；如

果产品售价小于成本，那么销售该产品就会亏损，所以决策的结果就是不销售该产品。

而根据 TOC，价格决策中最关键的就是要看瓶颈工序的产品信息。从逻辑上来讲，定价的标准是使企业至少能获得预计的“单位时间瓶颈工序的有效产出”。没有经过瓶颈工序的产品

的最低售价，理论上是原材料的成本价，所有超过原材料成本的价差都会增加有效产出。

对于不经过瓶颈工序的产品来说， ΔOE 基本上不变，只要 $\Delta T > 0$ ，那么销售产品就可以获利了，也就是售价高于原材料成本就有利润了。对于不使用瓶颈资源的产品，TOC 称之为“自由产品”。若企业拥有这样的产品，就具有较强的定价空间，能给企业带来较强的抗风险能力。

讲解归纳与举例

例：【多选题】在传统的成本会计中，要衡量一个企业能否赚钱，通常采用的指标有（ ）

- A. 净利润
- B. 产销率
- C. 库存
- D. 投资收益率
- E. 现金流

【答案】ADE

【解析】BC 属于作业指标。

12.3 DBR 系统

一、DBR 系统的构成

TOC 认为，在生产过程中，无论多么复杂的生产系统，其产出都受控于系统中极少数的产能受限资源，因此对生产计划的安排只需要针对三个方面，即真实的市场需求、受系统约束影响的产能限制、所需原材料的投放数量与时间，而对于非受限资源则不需要对生产计划进行提前安排。这也是 DBR 的基本思想。

DBR，即“鼓（drum）-缓冲（buffer）-绳子（rope）”，是 TOC 在生产计划与控制中的应用，它是根据系统的制约因素确定生产计划使整个系统的有效产出最大化、库存最小化的生产计划方法，它可以帮助生产管理人员清楚了解和掌握生产管理过程中的控制环节，使公司获得显著的回报。

1. “鼓”

“鼓”是一个企业生产系统的瓶颈所在。瓶颈控制着企业同步生产的节奏，即“鼓点”。要维持企业内部生产的同步、企业生产和市场需求的同步，存在着一系列的问题。其中一个主要问题就是企业的生产如何能满足市场或顾客的需求而又不产生过多的库存。作为约束全局的“鼓”，它决定着生产车间的生产速度并尽量使其与约束资源的产能相匹配。

从计划和控制的角度来看，“鼓”就是瓶颈资源的生产作业计划，它反映了系统对瓶颈资源的利用。对瓶颈资源应编制详细的生产作业计划，以保证对瓶颈资源充分合理地利用。实际生产活动中，D可以是主生产计划，也可以是专门对瓶颈资源详细设定的有限产能生产计划。

2. “缓冲”

在TOC中“缓冲”并不是以在制品数量加以表示，而是将这些在制品的数量转换成需要在此资源进行加工或装配的总时间，因此可将其称为时间缓冲。

“缓冲”按照其功能可分类为三种：

①瓶颈缓冲，通常也称为产能受限资源缓冲，它是用来保护瓶颈资源，使其不因为缺料而闲置，一般是从物料开始加工处到达瓶颈资源处所需时间的大致估计；

②出货缓冲是使订单能如期交货，一般是对物料从瓶颈资源处到产成品加工完毕所需时间的大致估计；

③装配缓冲是用来保护瓶颈资源所完成的工件能顺利被装配。

在设置时间缓冲时，一般要考虑以下几个问题。

(1) 保证瓶颈资源持续加工。

(2) 要保证瓶颈资源上产出率相对较快的工件在加工过程中不会停工待料。

(3) 应考虑加工过程中出现的波动，如瓶颈资源上的实际产出率比原来估计的要快，或者瓶颈资源前的加工工序的产出率比原来估计的要慢，或者出现次品。在有的情况下，还要考虑前面的机器是否出现故障。因为如果要对机器故障进行维修，则维持后续工序所需的在制品库存是难以估计的，所以在设置时间缓冲时一般要设置一定的安全缓冲。

3. “绳子”

如果说“鼓”的目标是使有效产出最大，那么，“绳子”的作用则是使库存最小。我们知道，瓶颈决定着生产线的产出节奏，而在其上游的工序实行拉动式生产，等于用一根看不见的“绳子”把瓶颈与这些工序串联起来，有效地使物料依照产品出产计划快速地通过非瓶颈资源，以保证瓶颈资源的需要。

“绳子”起的是传递作用，以驱动系统的所有部分按“鼓”的节奏进行生产。在DBR的实施中，“绳子”是由一个涉及原材料投料到各车间的详细的作业计划来实现的，也就是说，“绳

子”表示投料的排程。

“绳子”控制着企业物料的进入（包括瓶颈的上游工序与非瓶颈的装配），其实质和看板思想相同，即由后道工序根据需要向前道工序领取必要的零件进行加工，而前道工序只能对已取用的部分进行补充，实行的是一种受控生产方式。在 TOC 中，就是受控于瓶颈资源的产出节奏，也就是“鼓点”。

通过“绳子”系统的控制，瓶颈资源前的非瓶颈资源均衡生产，加工批量和运输批量减少，可以减少提前期以及在制品库存，而同时又不使瓶颈资源停工待料。所以，“绳子”是瓶颈资源对其上游机器发出生产指令的媒介，没有它，生产就会造成混乱，要么造成库存过大，要么会使瓶颈资源出现“饥饿”现象。

二、DBR 的计划与控制步骤

1. 识别瓶颈

一般来说，当需求超过能力时，排队最长的机器就是瓶颈。如果我们知道一定时间内生产的产品及其组合，就可以按物料清单计算出要生产的零部件。然后按零部件的加工路线及工时定额，计算出各类机床的任务工时。将任务工时与能力工时比较，负荷最高的机床就是瓶颈。因为瓶颈上损失 1 小时就是系统损失 1 小时，所以在瓶颈上要采取扩大批量的办法来提高瓶颈的利用率。扩大批量可以使调整准备时间减少。找出瓶颈之后，可以把企业里所有的加工设备划分为关键资源和非关键资源。

2. 基于瓶颈的约束，建立产品出产计划

按有限能力，用顺排方法对关键资源排程，制订瓶颈资源上的详细生产计划，这样排出的计划是切实可行的。

3. 缓冲的管理与控制

为了对瓶颈进行保护，使其能力得到充分利用，一般要设置一定的时间缓冲。时间缓冲的意思是所提供的物料要比预定的时间提早一段时间到达，以避免瓶颈出现停工待料情况。根据不同情况，要设定瓶颈缓冲、装配缓冲和出货缓冲的大小。

4. 控制进入非瓶颈的物料，平衡企业的物流

进入非瓶颈的物料应被瓶颈的产出率即“绳子”控制。一般是按无限能力，用倒排方法对非关键资源排序。非关键资源上排序的目标是使之与关键资源上的工序同步。倒排时，采用的提前期可以随批量变化，批量也可按情况分解。

这个步骤主要是使非瓶颈资源全力配合瓶颈资源的作业计划，使用时间缓冲来控制投料节

奏，也就是通过绳子机制来控制瓶颈工序之前的工序的物料投放，使在制品库存减少到合适的程度，在需要的时间提供正确数量的正确物料。在实际的生产过程中通过对现场的管理、人员的调度来保障计划的执行，又通过实际反馈的数据来更新企业的基础生产数据和对缓冲的设定。

三、计划与控制的基本原则

1. 平衡物流，而不平衡能力。

DBR 主张在企业内平衡物流，认为平衡能力实际上是做不到的。必须接受市场波动及其引起的相关事件这个现实，并在这种前提下追求物流平衡。所谓物流平衡，就是使各个工序都与瓶颈机床同步。

2. 非瓶颈资源的利用程度不是由它们自己的潜力决定的，而是由系统的约束决定的，系统约束就是瓶颈。

3. 资源的“利用”与“活力”不是同义词，“利用”是指资源应该被利用的程度，“活力”是指资源能够被利用的程度。“利用”注重的是有效性，而“活力”注重的则是可行性。从平衡物流的角度出发，应允许非关键资源上有适当的闲置时间。

4. 瓶颈上面一个小时的损失则是整个系统一个小时的损失。一般来说，生产时间包括加工时间和调整准备时间，但瓶颈资源与非瓶颈资源上的调整准备时间的意义是不同的。

5. 非瓶颈获得的一个小时是毫无意义的。因为在非瓶颈资源上的生产时间除了加工时间和调整准备时间之外，还有闲置时间，节约一个小时的调整准备时间并不能增加产销率，而只能增加一个小时的闲置时间。

6. 瓶颈控制了库存和产销率。因为产销率指的是单位时间内生产出来并销售出去的量，所以它受到企业的生产能力和市场的需求量这两个方面的制约，而它们都是由瓶颈控制的。

以上 6 条原则都是涉及资源的，以下 3 条是涉及物流的。

7. 转运批量可以不等于（在许多时候应该不等于）加工批量，车间现场的计划与控制的一个重要方面就是批量的确定，它影响到企业的库存和产销率。

8. 加工批量应是可变的，而不是固定的。由于资源有瓶颈和非瓶颈之分，瓶颈要求加工批量大，转运批量小，同时考虑到库存费用、零部件需求等其他因素，加工批量应是变化的。

9. 安排作业计划应兼顾所有的约束，提前期是作业计划的结果，而不应是预定值。传统的制订作业计划的方法一般包括以下几个步骤：确定批量；计算提前期；安排优先权，据此安排作业计划；根据能力限制调整作业计划，再重复前三个步骤。而在 DBR 系统中，提前期是批

量、优先权和其他许多因素的函数

四、JIT 与 TOC 相结合

TOC 擅长于各种资源的能力管理和现场控制，专注于资源安排，通过瓶颈识别、瓶颈资源调度，使其余环节与瓶颈生产同步，保证物流平衡，寻求需求和能力的最佳结合，使系统产销率最大的同时又控制住了非瓶颈库存，这是 TOC 的优势所在。

而 JIT 擅长于计划执行和成本降低，在降低在制品水平、减少浪费、现场改善等方面具有明显的优势。从生产计划与控制的角度看，将 TOC 和 JIT 的优势结合起来，有可能取得更好的效果。

讲解归纳与举例

例：【多选题】DBR 的每一个字母分别对应（ ）

- A. 瓶颈
- B. 鼓
- C. 缓冲器
- D. 绳索
- E. 非瓶颈

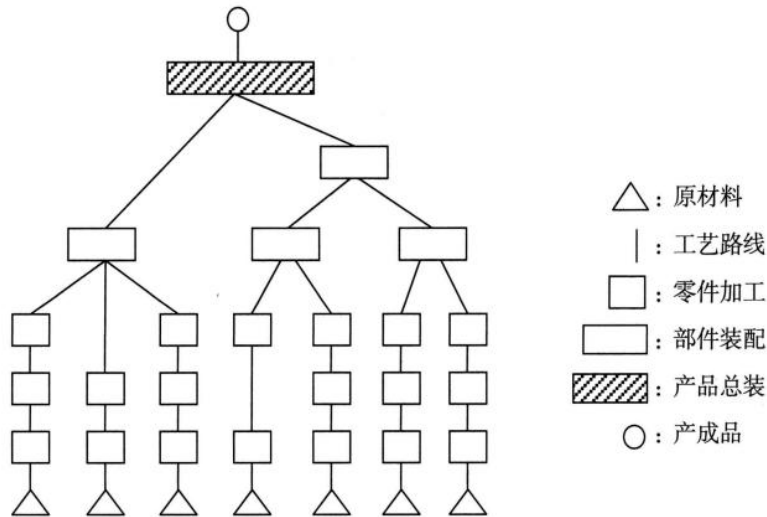
【答案】BCD

【解析】DBR 系统，即“鼓”（drum）、“缓冲器”（buffer）和“绳索”（rope）系统。

12.4 基于约束理论的生产企业分类

企业的生产过程实际上就是将原材料转换为用户所需要的产品的过程。首先，原材料被制成毛坯并加工成各种各样的零件，然后不同零件再组装成部件，不同的零部件最后再装配成不同的产品。生产组织过程就是要以最优的资源投入实现这一过程的管理活动。

TOC 理论体系中，根据产品生产过程中从原材料到产成品的物料流动路径形态，将企业形象命名为 A、V、T 三种类型，根据不同类型相应的生产环境，快速找到问题的根源及解决方法。如果一个企业的产品生产特点是由多种原材料制造成零部件，再将 these 零部件装配成最终产品，就是 A 型企业。属于 A 型企业的例子有造船厂、重型机床厂、大型飞机制造厂等。



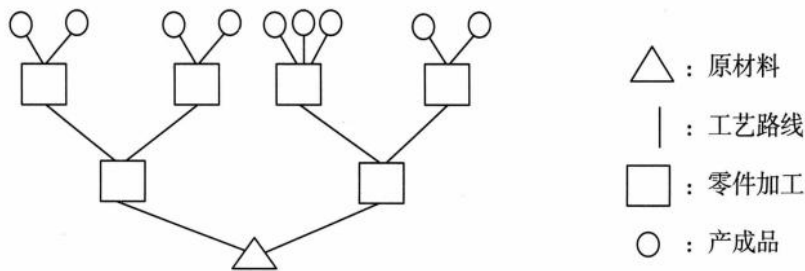
A 型企业的特点如下。

- (1) 原材料种类很多，而最终产品的种类却很少，有时就是一种。
- (2) 有的零件是最终产品的专用件，没有通用性。
- (3) 所需的零部件种类很多，不同零件有不同的加工路线，装配点较多。
- (4) 产品的生产过程管理比较复杂。

A 型企业的物料转换过程可以形象地描述“多对一”的系统。这种系统对零部件的供应物流组织水平要求很高，难度也很大。不同零部件来自不同的供应地点，其加工过程又是分散的，所以，要想满足装配需求，同步配套供应各种各样的零部件，是一件难度很大的事情，而这也正是这类企业运作管理的重点。因此，物料的同步化（配套性）和可用性是生产计划与控制的关键。

二、V 型企业

如果一个企业的产品生产特点是从一种原材料转换成多种多样的产品，这种类型的企业就被称为 V 型企业。炼油厂、钢铁厂、石化企业等流程式生产企业都属于这种类型。



V 型企业的特点如下。

- (1) 原材料种类少，而最终产品的种类却很多。

(2) 最终产品的加工过程基本相同。

(3) 产品生产过程中的分支点较多，分支点后，同一种物料经过不同路线加工成不同的产品，因而通用物料多。

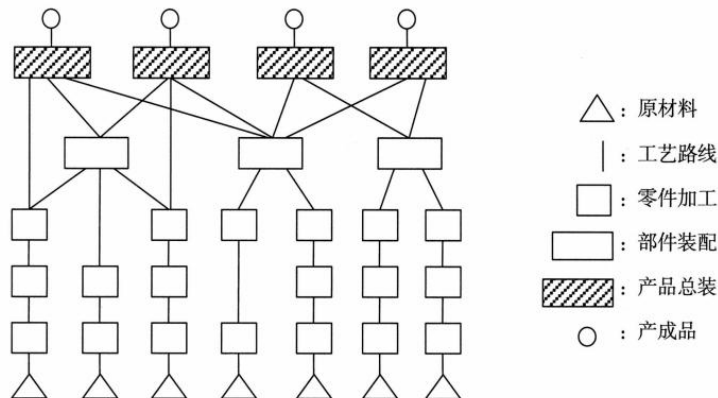
(4) 这类企业一般是技术资金密集型企业，需要大量的初始投资，对生产设备和技术要求很高。

(5) 生产的专业化程度很高。

从以上几点可以看出，V型企业的物料转换过程可以形象地描述“一对多”的系统。这种系统的物流管理相对较为简单，其工艺路线很清楚，相互之间很少有交叉往返现象，因此相对来说，其瓶颈工序也比较容易识别，一般在V型结构的底部。对V型企业的管理关键是组织好原材料供应，保持高的设备完好率，减少工序衔接中的失误情况等。

三、T型企业

在A型企业的基础上，将产品种类多样化，而其他方面保留着A型企业的特点，就成了T型企业。属于T型企业的例子很多，如家电、汽车制造厂等。



T型企业的特点如下。

(1) 原材料种类较多，制成的各种零部件装配出来的最终产品的种类也较多。

(2) 通用零件多。

(3) 不同零件有不同的加工路线。

(4) 产品的生产过程管理比较复杂。

T型企业的物料转换过程可以形象地描述“多对多”的系统。这种系统对产品订单管理和原材料、零部件的供应管理要求都很高，既要有效满足需求，又要降低不必要的库存，所以运作管理的难度非常大。

讲解归纳与举例

例：【单选题】家电、汽车制造厂属于（ ）

- A. A 型企业
- B. V 型企业
- C. T 型企业
- D. W 型企业

【答案】C

【解析】在 A 型企业的基础上，将产品种类多样化，而其他方面保留着 A 型企业的特点，就成了 T 型企业。属于 T 型企业的例子很多，如家电、汽车制造厂等。

12.5 关键链项目管理

一、关键链项目管理概述

将 TOC 应用于项目管理领域，提出了关键链项目管理（CCPM）方法，被认为是项目管理领域自发明关键路径法（CPM）和计划评审技术（PERT）以来最重要的进展之一。其中，关键链（critical chain）和缓冲（buffer）是 CCPM 的两个重要概念。

按照 TOC 的观点，影响项目工期的因素有以下几个方面。

1. 不确定性因素

由于市场环境快速变化，项目特别是大型工程项目所涉及的不确定性因素日益增多，如活动时间估计的不准确、交货期改变、工程范围更改、资源约束、材料和设备延期到达和气候发生变化等情况，这些不确定因素的存在会对项目的按期完工造成影响。

2. 人的行为

1) 人们对于活动时间的估计十分保守

由于项目执行环境不确定性因素的存在，项目活动时间也具有高度的不确定性。因此人们无法确定准确活动时间，只能估计活动时间。为了应对不确定性因素，人们在估计活动时间时，会加入相当程度的安全时间。

2) 学生症候状

它的含义是：当安排一项任务时，会给定一个完工日期。对于承担这项任务的人，一般都会有这样的行为，要到临近完工日期时，才会赶紧去做这些工作。

3) 帕金森定律

20 世纪 50 年代，英国学者帕金森通过长期调查研究，出版了《帕金森定律》一书，阐述了

行政机构及人员不断膨胀，每个人都很忙，但组织效率越来越低下的原因。其中的一个观点就是认为，工作总是用完所有可利用的时间。也就是说，如果一个人给自己安排了充裕的时间去完成一项工作，他就会放慢节奏或者增加其他项目以使用掉所有的时间。

帕金森定律的影响也存在于项目管理中。如前所述，在估计项目活动时间时，人们会加入安全时间，以应对各种意外情况。但并不是每次都会发生意外，多数情况下，任务的安全时间都不会被全部使用，成为富余时间，根据帕金森定律，富余时间多半都会被无效益地消耗掉。也就是说，人们即使提早完工了，也不会报告。这样就不利于整个项目的按期完工。

3. 局部最优并不能达到整体最优

传统项目管理方法强调的是，努力使项目中的每一个任务或活动准时完成，这是追求局部最佳的方法。由于不确定性的存在，有些活动的延迟不可避免，加上活动之间的相依性，很难保证项目整体的按期完工，难以达到整体最佳。

TOC 认为，项目管理的关注点不应该是每一个活动的准时完成，而应该是整个项目的准时完成。

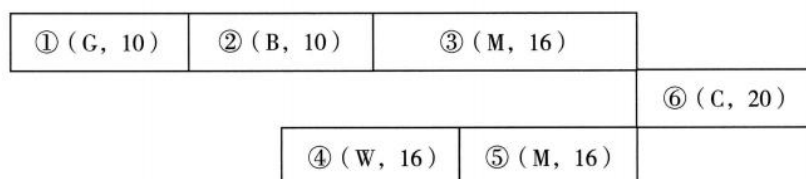
4. 资源有限

项目管理中常常有内在的制约因素，这个限制可以是人员，可以是设备，也可以是项目活动所需要的材料等，也就是说，项目所需资源是有限的。如果不能很好地管理这些制约因素，就会影响项目的按期完工。传统的关键路径方法在制订调度计划时，只考虑了任务相依性，而没有考虑资源相依性。

二、关键链的概念

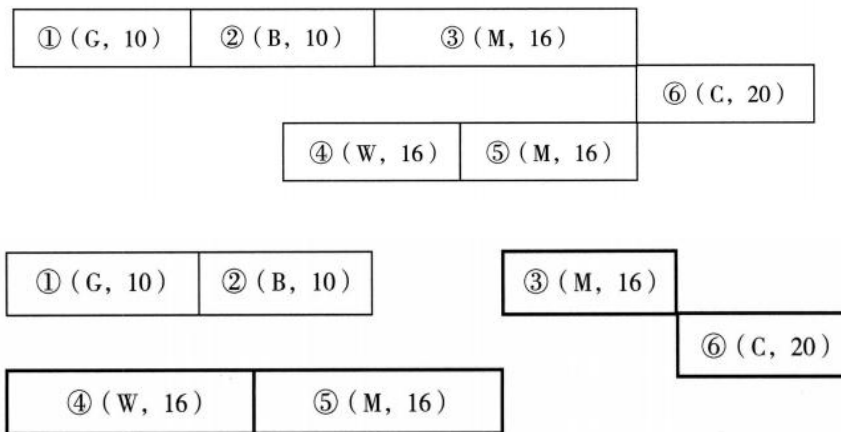
传统的关键路径方法是根据任务间依存关系确立的决定项目工期最长的任务路径，其时差为零。而关键链是在考虑时间及资源冲突两个方面的情况下得到的关键路径，是项目中同时考虑任务和资源相依关系后确定的最长的一条链。

找寻关键链可以从构建传统的项目网络图开始，条形框前面的数学标号表示活动代号，括号里大写字母表示资源代号，数字表示需要的时间，以天为单位。



按照传统的关键路径理念，此项目的关键路径为①—②—③—⑥，完成时间为 56 天。

依据资源相依关系调整网络图。活动③和⑤所需要的资源相同，左图显示出这两个活动在时间上有重叠之处，由于资源有限，那么这两个活动之间就存在一个冲突，所以需要调整，如右图。由此，在考虑资源约束的情况下，最长的任务路径④—⑤—③—⑥就构成了项目的关键链。



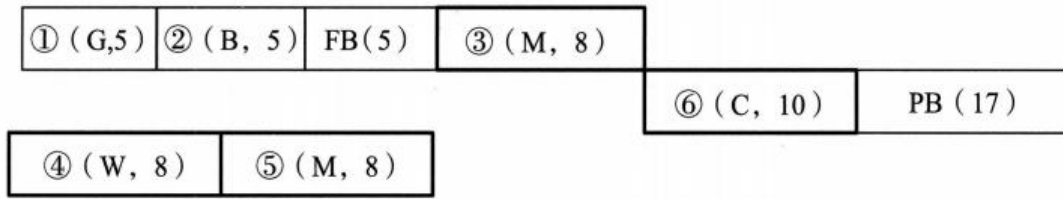
三、缓冲管理

1. 缓冲的概念

如果将关键链看作项目的约束因素，那么应用 TOC 的第二步就是要考虑如何来挖掘该约束因素的潜力，即如何缩短关键链所需的时间，因为关键链所需的时间正是完成项目所需的时间。为此，关键链方法采用活动平均工期（50%完成概率）制订项目基准计划，并将关键链上所有活动的安全时间集中在一起，放置在项目网络的最末端，称为项目缓冲（PB），来保护整个项目而非个别活动的如期完成。

另外，在完成关键链的进度安排后，还需要保证所有关键链上的任务不受其他非关键任务的影响，以保证项目能够按计划及时完成，这是运用 TOC 的第三步。具体的做法是把非关键链上活动的安全时间集中起来，放置于非关键链与关键链汇合点前的非关键链活动之后，称为汇入缓冲（FB），并用它们来保护关键链。

以上两个步骤在具体操作的时候可以归结为插入缓冲。CCPM 方法正是通过设定和插入缓冲来消除不确定性因素对项目计划执行的影响，从而保护系统的制约因素——关键链。在上述项目网络中，将活动估计时间（90%成概率）的一半作为安全时间（剪切法），取安全时间之和的一半作为缓冲，则插入各缓冲之后的项目网络，如图所示。这样最后得出项目的计划完成时间应该是 51 天，即活动④、⑤、③、⑥的时间加上项目缓冲的时间总和。



2. 缓冲的计算方法

人们已经提出了多种计算缓冲大小的方法，常用的有两种，即剪切法和根方差法。

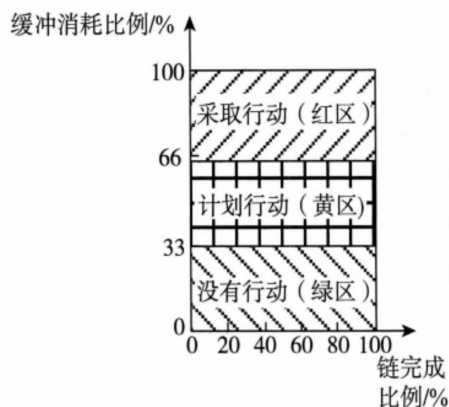
Goldratt 于 1997 年提出剪切法，将关键链长度的 1/2 作为项目缓冲的大小，将非关键链到关键链入口处的长度的 1/2 作为输入缓冲的大小。它虽然简单易行，但是设置缓冲区的大小与工作链的长度呈线性关系，容易产生缓冲区过大或过小的现象。

Newbold 于 1998 年提出根方差法，定义了活动工期不确定性的度量方法，将链上活动工期不确定性的平方和的平方根作为缓冲大小。

3. 缓冲的监控

在识别关键链、插入缓冲之后，CCPM 还强调在项目执行过程中对缓冲进行动态管理，即通过分析缓冲的消耗情况来衡量项目进度绩效，从而适时采取赶工等管理行动，以监控和管理项目的执行，使项目按期完工。

Goldratt 最早提出将时间缓冲均分为红色区、黄色区、绿色区三部分进行监控：当缓冲消耗量在绿色区域时，表明各任务按计划执行，进度良好；当缓冲消耗量在黄色区域时，表明任务的执行可能出现问题，要求项目管理者检查原因，分析可能发生的问题，拟定应对策略，为下一步行动做准备，同时加强进度监控；当缓冲消耗量进入红色区域时，表示项目的执行出现了严重问题，有可能会超出工期或预算，必须立即采取行动，执行相应的对策，来减少工期或降低成本，避免项目进度持续恶化。这种缓冲监控方法依据项目计划阶段确定的缓冲大小进行监控，被认为是静态的，也称绝对的缓冲监控法。



Leach（利奇）认为这种绝对监控法中可能产生错误的预警信息。这是因为随着项目的进展，越来越多的活动被执行完，项目面临的不确定性也会不断减少。如果还是按照原定的缓冲大小进行监控，在项目后期，会发出错误的预警信息，过早地采取控制行动，引发不必要的管理行动和增加赶工成本。他提出当关键链或非关键链完成比例较少时，两个触发点设置较低，当关键链或非关键链接近完成时，两个触发点设置较高，即随着链的完成两条触发线是线性增加的，称为相对的缓冲监控法。

4. 关键链项目调度方法

基于 TOC 五步聚集法，CCPM 项目调度提出以下方法对项目进行计划与控制。

- (1) 以 50%能完成的概率，重新估计活动执行时间。
- (2) 消除多任务，以项目工期最短、在制品最少为目标。
- (3) 同时考虑活动的紧前关系和资源约束，构建网络图，按活动最晚开始时间制订项目基准计划，将最长的路径作为关键链。关键链制约了整个项目的工期。
- (4) 估计缓冲大小，在网络图中插入缓冲，通过缓冲来应对项目执行环境的不确定性，保持项目基准计划的稳定。
- (5) 采用“接力赛”机制执行项目，并在项目执行过程中，建立基于缓冲消耗的预警机制，实施进度控制，以保证整个项目按期完工。

讲解归纳与举例

例：【多选题】按照 TOC 的观点，影响项目工期的因素包括（ ）

- A. 不确定性因素
- B. 人的行为
- C. 缓冲计算错误
- D. 局部最优并不能达到整体最优
- E. 资源有限

【答案】 ABDE

【解析】 缓存是用来保证项目如期完成的设置。

第 13 章 项目管理

本章重难点分析

- 一、了解项目和项目管理的概念与特点
- 二、掌握项目管理的主要内容
- 三、理解项目的计划方法——网络计划技术

13.1 项目管理概述

一、项目

1. 项目及项目的特点

项目就是为某个独特的任务所做的一次性工作。和日常工作比较，项目具有以下一些特点。

- (1) 独特性。项目的独特性是指以前没有发生过的，或者即使发生过，但这次具有新的特点。
- (2) 时限性。每个项目都有明确的开始和结束时间。
- (3) 开放性。项目启动后，将从其他职能部门抽调需要的人员构建项目小组，根据需要来调动其他职能部门的相关资源（设备、工具等），并且在项目结束后这些人员（和相关资源）返回到各个职能部门。
- (4) 客户性。项目是根据客户的要求设立的，客户参加到运作的全过程，完成后移交给客户。
- (5) 不确定性。由于以前没有做过或这次具有新的特点，我们不知道在项目的执行过程中会发生什么样的问题，因此不能准确地估计项目的时间和成本；另外，实际生活中，项目的客户会经常改变自己的需求，因此项目的范围也具有不确定性。

2. 项目的层次性

- (1) 大项目、项目群。大项目不同于一般项目，它通常由若干个有联系的或类似的项目组成，有时大项目也指那些规模特别大、时间相当长的项目。例如，一家建筑公司签订了建设一个居住区的合同，这就包括若干个有联系的项目，是一个项目群。
- (2) 项目。项目是本章讨论的对象，是大项目的组成部分。很难从理论上定量确定一个项目的最小范围，实践中的基本原则是一个项目应有独立完整的寿命周期，有能交付的独立产品。
- (3) 任务或活动。项目由任务或活动组成。

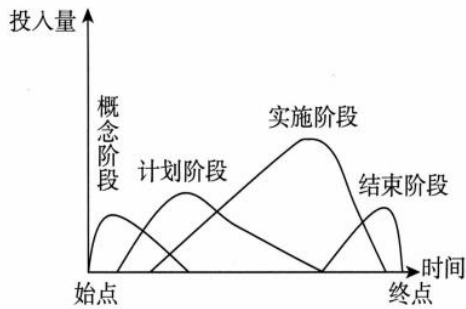
(4) 工作包。将任务或活动分解成工作包，这是项目的基本组成单位。

3. 项目的寿命周期

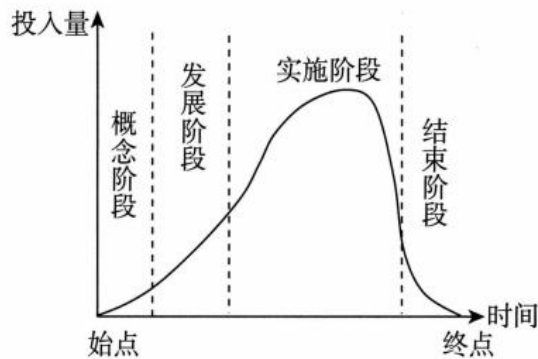
项目的寿命周期大致可以划分为 CDEF 四个阶段：C (concept) —— 概念阶段；D (development) —— 发展阶段；E (execute) —— 实施阶段；F (finish) —— 结束阶段。

阶段	主要任务	成果	管理内容
概念阶段 (C)	需求确认、可行性研究、招标投标	可行性方案、项目计划任务书、招标合同	项目启动,包括启动过程的组织和协调
发展阶段 (D)	项目范围、项目团队与组织结构、项目计划	计划、设计文件、机构设置、资源订货、合同签订	计划、组织、协调
实施阶段 (E)	项目全面实施	完成的活动、过程	项目进度、成本、质量和范围的控制
结束阶段 (F)	项目任务的结束	可交付的项目、验收报告	评审、鉴定、总结和移交

阶段之间并不是一种纯粹的先后串联关系，相互之间可以交叉进行，前一阶段还没有完成，后一阶段就可以开始。



不同阶段的投入工作量不同，对资源的需求也不一致。



二、项目管理

1. 项目管理的基本特点

- (1) 项目管理是一项复杂的工作。
- (2) 项目管理具有创造性。

(3) 项目管理有时需要集权领导和建立专门的项目组织。

(4) 项目经理在项目管理中起着非常重要的作用。

2. 项目管理的主要内容

美国项目管理协会（PMI）的项目管理知识体系（PMBOK）对项目管理的主要内容进行了全面的定义，并且经常进行更新。PMBOK 将项目管理划分成四个核心内容（项目范围管理、项目时间管理、项目费用管理和项目质量管理）、五个辅助内容（项目人力资源管理、项目沟通管理、项目风险管理、项目采购管理和项目干系人管理）和一个整体内容（项目综合管理）。

2. 项目管理的主要内容



讲解归纳与举例

例：【多选题】项目具有的特点包括（ ）

- A. 独特性
- B. 时限性
- C. 开放性
- D. 客户性
- E. 确定性

【答案】ABCD

【解析】E 应为不确定性。

13.2 项目计划

一、项目计划概述

项目计划是项目团队为达到项目目标，科学预测并确定未来行动的方案。项目计划对项目进行全面规划并形成计划文件，一般来说计划文件有多个，包括项目管理计划、进度管理计划、质量管理计划、人才招聘和培训计划、采购计划、验收计划等。小型项目可以合并在一起，统称为项目管理计划；大型项目则分解成许多计划，其中项目管理计划为主计划，其他为子计划。

制订项目计划时应注意的问题如下。

(1) 人员方面。项目经理要让业主、管理人员、技术人员等积极参与，使计划既有前瞻性，又有可操作性。

(2) 多次性。项目经理要经常召开会议来讨论项目计划，以便针对各种新出现的问题提出防范措施，如有时要决策要么修正计划、要么安排加班来完成计划，以确保进度。

(3) 统一性。制订计划时要注意信息传递与反馈，在分发、内容和格式上要保持一致；光用一张图纸来表示计划是不完整的，必须要有相关的说明解释。

(4) 谨慎性。避免过于乐观的估计，尤其是在项目初期。

二、项目计划过程

1. 确定项目目标

项目目标是实施项目所要达到的期望效果。项目目标必须明确定义，并且能够实现。在确定项目目标时需要注意：项目的目标最好是定量的，避免定性说明；应该使每个项目成员都能够清楚地了解；应该是建立在现实的基础上，避免理想化，特别是在项目的初期；应该简明，避免复杂化；应该面向结果，而不是面向过程。

2. 任务分解

1) 任务分解的目的：任务分解有利于提高关于成本、时间和资源估算的准确性；可以提供测量和控制执行情况的基准；便于明确职责和进行资源分配。

2) 任务分解的工具：工作分解结构（WBS）是确定项目范围的重要方法，是实施项目得到最终产品所必须进行的全部活动的清单。

3) 工作分解过程：首先将项目分解成单个定义的且范围明确的子项目，一般来说，可以按主要过程或主要构成部分来划分成子项目；然后再研究每个子项目的特点、实施结果以及完成它所需的工作，进一步将其分解到活动；继续分解，直到工作包。



3. 资源计划

资源计划是确定实施项目活动需要哪些资源（人力、设备、材料），以及每种资源的需要时间和数量制订资源计划时，需要具备以下一些资料。

- (1) WBS：WBS 显示了所需资源的项目范围，是资源计划的最主要输入。
- (2) 项目历史信息：以前的类似项目中各活动需要什么类型的资源。
- (3) 项目范围说明：WBS 中的范围详细说明。
- (4) 资源库的说明：列明将来某个时间所能得到什么资源，这些都是变化的，都有临时性。
- (5) 组织原则：要考虑组织结构中有关人员配备，设施租赁或购置备件、设备的原则。
- (6) 资源规划：资源规划是项目经理决定要获得哪些资源、从哪里获得、何时以及如何获得的过程。

讲解归纳与举例

例：【判断题】工作包是 WBS 的最低层次。

【答案】对

【解析】工作分解结构（WBS）是确定项目范围的重要方法，一般来说，可以按主要过程或主要构成部分来划分成子项目；然后再研究每个子项目的特点、实施结果以及完成它所需的工作，进一步将其分解到活动；继续分解，直到工作包。

13.3 项目进度计划——网络计划技术

一、项目进度计划

1. 项目进度计划的主要内容

项目进度计划就是要确定项目范围（WBS）中的各项工作在什么时间开始，在什么时间结束，主要包括以下几点。

- (1) 工作范围定义：对 WBS 中的工作范围细目进行描述以及为此进行的一些具体活动。

- (2) 工作排序：确定各项工作细目之间的先后顺序关系并编成文件。
- (3) 工作时间估算：估算完成单项工作所需的工作时数。
- (4) 制订进度计划：研究和分析工作顺序，统筹考虑工作时间和资源需求，编制项目进度计划。

2. 项目进度计划方法的发展过程

最早制订项目进度计划的方法是甘特图，是美国人甘特在 20 世纪初发明的一种表示计划的方法，以横线条结合时间坐标来表示项目各项工作的起止时间和先后顺序，整个计划由一系列的横道组成，因而又称横道图或条形图。

活动代号	活动内容	月份											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	产品设计	■	■	■									
B	工艺编制				■	■	■						
C	原材料、外购件采购				■	■	■	■	■				
D	工艺装备制造					■	■	■	■				
E	零件加工								■	■	■		
F	产品装配										■	■	■

甘特图的优点是简单明了，便于监督和控制项目的进展状况，至今仍然是管理项目尤其是管理建筑项目的一种常用方法。

但其缺点也很明显：各个活动之间的相互依赖或相互制约关系不能清楚地展现出来，因而对某项活动的提前和推迟所造成的影响无法直接得出；在时间进度上哪些是关键工作，哪些是非关键工作，在图上无法直接找到；不同的安排方法难以比较；一个项目如果包括几百个甚至上千个工作，用甘特图表示便会感到缺乏层次；如果施工条件变化，必须重新绘制图，这就造成了大量不必要的重复劳动；最致命的是，无法用电子计算机进行大规模的计算。因此甘特图一般只适用于小而简单的工作计划，它在规划和控制大型复杂系统的工作计划方面是有困难的。

网络计划方法是项目计划管理的重要方法。网络计划方法起源于美国。

1957 年，美国杜邦公司首次采用了一种新的计划管理方法，即关键路线法（CPM）。1958 年，美国海军武器局特别规划室在研制北极星导弹潜艇时，应用了被称为计划评审技术（PERT）。两者所依据的基本原理基本相同，都是通过网络形式表达某个项目计划中各项具体活动的逻辑关系，人们现在将其合称为网络计划技术。

尽管关键路径法和计划评审技术是彼此互相独立和先后发展起来的两种方法，在具体步骤与术语上有所不同，但它们的基本原理是一致的。关键路径法是以经验数据为基础来确定

活动时间的，而计划评审技术则是在没有经验数据可循时，根据悲观、可能和乐观三种估计来综合确定活动时间。因此，有人把关键路径法称为确定型网络计划法，把计划评审技术称为不确定型网络计划法。

实践证明，网络计划技术有如下几个突出特点。

(1) 它能够形象地把整个计划用一个或一组网络形式表示出来，网络中的符号与基本的工作一一对应、简单明了。

(2) 从网络图上很容易看出各个工作的先后顺序或工作间的制约关系。由于网络计划的编制是对工程对象进行认真分析和综合的过程，这将有利于克服计划编制工作中的主观盲目性。

(3) 经过计算可以找出决定工期的关键工作，以及可以确定每个工作的提前或推迟对总工期的影响，并且通过利用非关键工作的时差，可以更好地调动人力、物力，将其尽可能地投向关键工作，以缩短总工期。

(4) 网络计划利于各级管理层的沟通，并经过多个网络图的编制与比较，便于从多种可能方案中选择最优方案付诸实践。

(5) 在执行过程中，可根据各工作的实际完成情况，对计划加以调整，保证自始至终对计划进行有效的控制与监督。

(6) 可将时间、成本、资源等一起考虑来统筹安排，并可借助计算机计算、优化和调整，这是传统的横道图不能比拟的。

二、应用网络计划技术的一般步骤

1. 应用前的准备工作

确定 WBS 中各个活动之间的关系，确定各活动所需资源情况，完成 WBS 字典。其中非常重要重要的是确定活动之间的关系、估计活动的加工时间、确定活动需要的其他资源的种类和数量。

2. 绘制网络图

网络计划技术的最大特点是，它通过网络图的表示形式，将 WBS 字典中各活动之间的关系表示出来，从中可以分析出各个活动在实施计划中的地位。

3. 计算网络参数，确定关键线路

计算各个活动的最早开始时间、最迟结束时间，以及总时差和自由时差，并判别出关键活动和关键线路，以确定工作的重点。

4. 网络的优化

在相关资源约束的条件下，按某一目标（时间、成本、资源等方面）寻求最优方案，如保证在计划规定的时间内用最少的人力、物力和财力完成任务，或在人力、物力和财力限制的条件下，寻求最短时间的进度计划。

5. 项目控制

在计划执行过程中，不断收集和分析信息，使决策者及时对计划进行必要的调整。

三、活动时间的确定

三点时间估计法，是指对活动时间预估三个时间值，然后求出可能完成的平均值。这三个时间值是：

最乐观时间，是指在最有利的条件下顺利完成一项活动所需要的时间，常以 a 表示。

最可能时间，是指在正常情况下完成一项活动所需要的时间，常以 m 表示。

最悲观时间，是指在最不利的条件下完成一项活动所需要的时间，常以 b 表示。

$$\text{计算活动平均时间的公式为: } t(i, j) = \frac{a + 4m + b}{6}$$

四、网络图的绘制

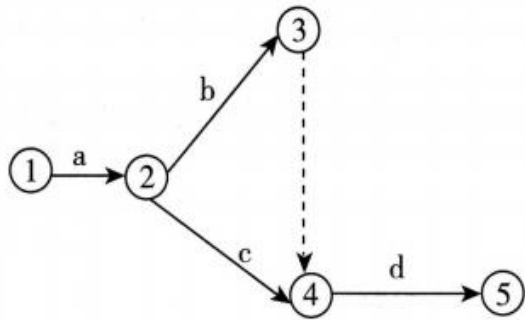
1. 网络图的种类

据绘图符号表达的内容不同，可分为双代号和单代号网络图两大类。双代号网络图是以箭线表示活动，以事件表示它们之间的连接点，并以事件编号代表一个活动的名称；单代号网络图是以节点表示一项活动，用箭线表示各项活动之间的逻辑关系。

根据网络图研究对象的范围，可分为总网络图（或称母网络）和分网络图（或称子网络）。总网络图全面地反映整个计划任务的始末，它比较简明，有综合性。分网络图是以该计划任务的某一部分为对象编制的网络图，如产品设计作为一部分，而设计部门必须进一步把它具体化，绘制成设计活动网络图

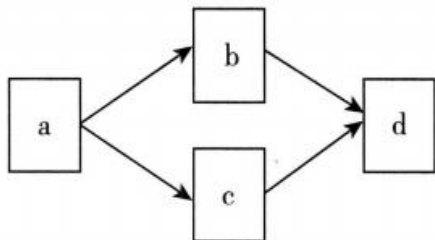
1) 双代号网络图

用一条箭线表示一项活动，活动名称写在箭线上，活动所需要的时间或资源写在箭线下。箭尾表示活动的开始，箭头表示活动的结束，箭头和箭尾画上圆圈并编上序号，用前后两个圆圈中的编号来代表这些活动的名称。由于采用两个号码来代表某项活动，因此这种表示方法叫作双代号网络图。



2) 单代号网络图

这种表示方法用一个圆圈代表一项活动，并将活动名称写在圆圈中。箭线符号仅用来表示相关各活动之间的顺序，不具有其他意义，因其活动只用一个符号就可代表，故称为单代号网络图。



单代号和双代号网络图各有其优缺点。

对于初学者来说，单代号网络图具有绘制方便、较易领会、便于修改等优点，因此许多新型网络图计划如搭接网络法、决策网络计划法、图示评审技术等，都建立在单代号网络图基础上。它的缺点是缺少维的概念，即不能用箭线的长短形象地表达时间量的多少，给人的感觉是一堆平放的积木。

双代号网络图的逻辑表达比较清楚，必要时可用箭线的长短来反映时间多少，因而更为直观清晰。但当逻辑关系比较复杂时，不得不增设虚活动，往往对初学者造成一定的困难，绘图时也比单代号网络图更为复杂。

2. 网络图的构成

网络图包括三个方面，即活动、事件和线路。

1) 活动：活动泛指一项需要消耗人力、物资和时间的具体活动过程，又称工作或作业。与某一活动有关的一些活动，可以根据它们之间的相互关系，分为紧前活动、紧后活动、平行活动和交叉活动。

A. 紧前活动：在某活动开始之前必须要加工的活动。

B. 紧后活动：在某活动完成之后才能开始的活动的。

C. 平行活动：指可以与本活动同时进行的活动。

在网络图中，除上述活动外，还有一种虚活动，它是指不耗用人力物力，也不需要时间的一种虚拟作业。它只表示前后两个活动之间的逻辑关系，在图中用虚箭线表示。

2) 事件：事件是指某一项工作开始或完成的时间点，它不消耗人力和物力，也不需要时间，它只表示某项工作开始或结束的瞬间，在网络图中，一般用圆圈（或方框）表示。由于圆圈是两条或两条以上箭线的交接点，所以又称节点。事件可以根据它们之间的相互关系，分为开始事件、结束事件、起点事件和终点事件。

A. 开始事件：是指某一工作箭尾所连接的事件，它表示一项工作的开始。

B. 结束事件：是指某一工作箭头所指的事件，它表示一项工作的结束。

C. 总开工事件（起点事件）：是指网络图开始的事件，即没有箭头进入的事件，又称网络始点。

D. 总完工事件（终点事件）：是指网络图最后一个事件，即没有箭尾出去的事件，又称网络终点。

2) 事件：网络起点事件表示一个项目的开始，网络终点事件表示一个项目的结束。介于网络起点事件与终点事件之间的事件叫中间事件。

节点需要进行编号，以便计划员识别、检查和进行计算。节点编完号后便可用两个编号数来表示某一项工作。编号可注明在圆圈内，箭尾至箭头的编号必须是由小到大。这些编号的数字可以连续，也可以不连续，跳着编，或按单、双号编。有时还特意空出几个号码，作为备用号。这样，当节点有增减变化时，可以进行局部改动，不致扰乱全部编号。当做过几个网络图后就会体会到这样做的好处。编号必须遵循的一般原则是：每一项工作都应有自己专门的节点编号，同一号码不能重复使用。

3) 线路：线路是指在网络图中从起点事件开始，顺着箭头所指的方向，通过一系列的事件和箭线连续不断到达终点的一条通路。线路中各项工作的作业时间之和就是该线路所需要的时间。在一个网络图中可能有很多条线路，其中总和时间最长的线路为整个计划任务的关键所在，一般在网络图中用粗箭线或双箭线表示，叫作关键线路。一个网络图的关键线路有时不止一条。关键线路上的活动称为关键活动，关键线路上的事件称为关键事件。

3. 网络图的绘制方法

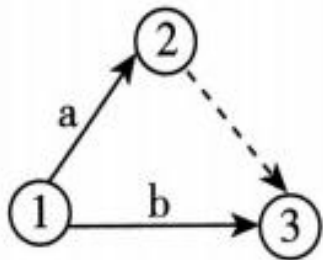
绘制网络图时一般从左往右画，先画起点事件，跟出没有紧前活动的活动（即可以最早开始的活动的），然后画出该活动的结束事件。再根据 WBS 确定的先后顺序关系，画出其后的其他活动。

1) 绘制网络图的基本原则

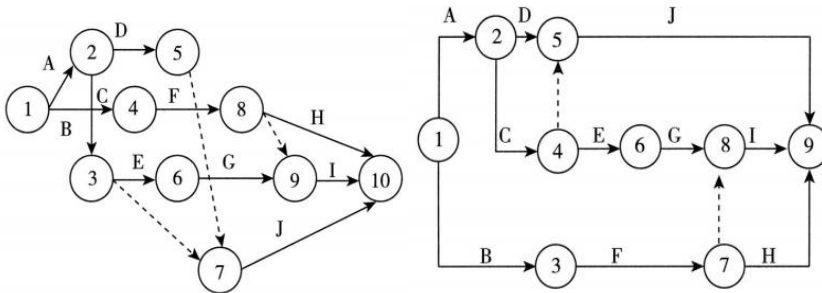
- A. 从左到右，紧前活动画出之后再画出紧后活动，箭头序号大于箭尾序号。
- B. 网络图中不允许出现循环回路。
- C. 两个相邻节点间不允许有多条箭线直接相连（不允许出现编号相同的箭线）。
- D. 网络图一般只有一个起点事件和一个终点事件。

2) 绘图技巧

网络计划技术是一种合乎逻辑、组织严密的计划体系，正确反映活动之间逻辑关系很重要，如果要表示多个活动之间的关系，有时需要引进虚活动，下图就是引用了虚活动。



网络图上的工作箭线不宜画成任意方向或曲线形状，否则会给阅读和计算带来不便。一般应画成水平线，把重要的工作放在中心位置，这样既能突出重点，又能减少图形的交叉点。



五、网络时间的计算

在项目中，关于时间有两个方面的含义：一方面是指持续时间，是指某项工作需要加工的时间，一般是技术上的要求；另一个方面是指管理上的时间，即该项工作的开始和结束时间，是计划和控制必须确定的时间。

工作持续时间是最基本的数据，其他时间都是根据持续时间计算而来的。在网络计划技术的时间参数中，一般包括事件的时间参数、工作的时间参数和控制参数。

1. 事件的时间参数

事件本身不占用时间，它只是表示某项工作应在某一时刻开始或结束的时刻。事件的时

间参数有两个，即最早时间（ET（j））和最迟时间（LT（i，j））。

1) 事件的最早时间

事件的最早时间是指从事件开始的各项工作最早可能开始工作的时刻。在此时刻之前，该项工作不具备开始工作的条件，在此时刻之后，该项工作也不一定非要立即开始，而是可以寻找最佳时间伺机开始，这个早到不能再早的时刻即为该事件最早可能发生时间，简称事件的最早时间。

若同时有几支箭线与箭头事件相接，则应选其中箭尾事件最早时间分别与诸个箭线时间相加（有几个箭线就有几个和）的最大值作为箭头事件的最早时间。

计算公式如下：

$$ET(1) = 0$$

$$ET(j) = \max \{ET(i) + P(i, j)\}$$

式中，M 为指向 j 的箭线集；P（i，j）为工作的持续时间。

2) 事件的最迟时间

事件的最迟时间是指以该事件为结束的各项工作的最迟必须完成的时刻，晚到不能再晚了（若在此时刻未能完成势必影响后续工作的按时开始）。一个箭尾事件的最迟时间，是由它的箭头事件的最迟时间减去箭线的持续时间（工作的作业时间）来决定的。若以此箭尾事件出发同时有多支箭线，则选其中事件最迟时间与箭线时间差的最小值。计算公式如下：

$$LT(n) = ET(n)$$

$$LT(i) = \min \{LT(j) - P(i, j)\}$$

式中，n 为项目的终点。

2. 工作的时间参数

工作的时间参数有四个，即工作的最早开始时间（ES（i，j））、最早完成时间（EF（i，j））、最迟开始时间（LS（i，j））和最迟完成时间（LF（i，j））。

1) 工作最早开始时间

一个工作必须等它紧前工作完成后才能开始，在这之前是不具备开始条件的，这个时刻称为工作的最早开始时间，即紧前工作全部完成，本工作可能开始的最早时刻，以 ES（i，j）表示。工作的最早开始时间就是它的箭头事件的最早时间，其计算公式如下：

$$ES(i, j) = ET(i)$$

2) 工作最早完成时间

工作的最早完成时间就是它的最早开始时间加上本工作作业时间，或简称最早完工期，

以 $EF(i, j)$ 表示。其计算公式如下：

$$EF(i, j) = ES(i, j) + P(i, j)$$

3) 工作最迟开始时间

工作的最迟开始时间的计算也和工作最早开始时间一样，可以通过箭头事件的最迟时间减去本工作作业时间来求得；也可以通过它紧后工作的最迟开始时间减去本工作作业时间来求得。它是由右向左逐个计算的。其计算公式如下：

$$LS(i, j) = LT(j) - P(i, j)$$

4) 工作最迟完成时间

工作的最迟完成时间就是它的最迟开始时间加上完成本工作所需的时间，其计算公式如下：

$$LF(i, j) = LS(i, j) + P(i, j)$$

总之，工作最早开始时间和最早完成时间分别指该工作在其紧前工作和有关时限约束下，有可能开始或完成的最早时刻。工作最迟开始时间和最迟完成时间分别指该工作在不影响总任务按期完成和不超过有关时限约束允许的条件下，不得不完成或开始的最迟时刻。

3. 控制参数

在项目中，有些工作在时间上卡得很死，没有机动余地；有些则可以推迟，在一定的范围内有一定的自由度。区分这两类工作，就要计算时差。

时差是指在不影响按期完成任务的条件下，在工作中可以灵活机动使用的一段时间。计算和利用时差是网络计划技术中的一个重要步骤，它为计划的进度安排提供了选择的可能性。

在项目中，有些工作在时间上卡得很死，没有机动余地；有些则可以推迟，在一定的范围内有一定的自由度。区分这两类工作，就要计算时差。

1) 工作总时差

某一单项工作的完工期，可以推迟一定时间而不至于影响整个计划任务的总工期这样的时间称工作总时差 $TF(i, j)$ ，其计算公式如下：

$$TF(i, j) = LS(i, j) - ES(i, j)$$

工作总时差是以不影响整个计划任务的完工时间为前提条件的，它可以贡献给并储存在整条线路之中，亦即将本工作的一部分或全部机动时间转让给同一条线路上的其他工作使用。总时差是工作时差中机动时间最长的一种时差，常常用于最为关键的地方。

2) 工作单时差

工作单时差 $FF(i, j)$ 是指在不影响紧后工作在最早开工时间开工的条件下, 本工作完工期的机动时间, 其计算公式如下:

$$FF(i, j) = ES(j, k) - EF(i, j)$$

式中, $ES(j, k)$ 为紧后工作最早开始时间; $EF(i, j)$ 为本工作最早完成时间。工作单时差是以不影响紧后工作在其最早开始时间开工为前提条件的, 它只能在本工作加以利用, 不能转让给其他工作利用。本工作如果要利用时差, 首先要利用单时差, 不够时再考虑利用总时差中的其他部分。

3) 线路时差和关键线路

网络图中虽然有许多条线路, 但实质上只存在两种不同类型的线路: 一种是线路持续时间较总工期短, 在总工期范围内有机动时间可供调节的非关键线路; 另一种是与总工期时间相等的关键线路。某线路时差就是关键线路与该线路的持续时间之差, 线路时差越大, 说明该线路同关键线路相比, 所需的作业时间越短, 时间上的潜力越大。

掌握和控制关键线路是网络计划技术的精华。要缩短工程的建设周期, 就必须抓住关键线路, 从缩短关键线路的持续时间着手。在网络图中有时可能出现多条关键线路, 关键线路越多, 表明各项工作的工期越紧张, 必须加强管理, 严格控制, 以保证计划任务的按期完成。

关键线路是在一定条件下形成的, 不是固定不变的, 关键线路和非关键线路有时是可以互相转化的。计算线路时差可以更好地了解网络图中各条线路在时间上的轻重缓急程度, 使项目管理者心中有数, 必要时利用线路时差, 抽调非关键线路上的人力、物力, 以确保关键线路的如期实现。因此, 在制订网络计划时要以发展的、动态的观点来看待关键线路。

4. 网络时间参数的计算方法

网络时间参数的计算可采用人工方法或计算机方法, 人工方法有图算法、表算法和矩阵法三种。一般来说, 图算法只适用于 20 个节点左右的简单网络图; 表算法适用于 50 个节点左右的网络图; 矩阵法适用于 200 个节点以下的工程网络图。不过随着计算机的普及, 这些方法已经不是很重要。

讲解归纳与举例

例: 【判断题】网络计划方法是项目计划管理的重要方法, 起源于英国。

【答案】错

【解析】网络计划方法起源于美国。

13.4 项目计划的优化

一、项目工期与费用的关系

项目成本包括直接费用及间接费用两个部分。

直接费用是指可以直接计入某活动成本的费用，如劳动工人的工资、原材料费用、机器设备的使用费用等；而间接费用则是与整个工程相关的，不能也不宜直接分摊给某个活动的费用，包括管理费用、拖期罚款占用资金利息等。一般情况下，缩短工期会引起直接费用的增加和间接费用的减少。反之，延长工期会引起直接费用的减少和间接费用的增加。

为简化处理，假设每个活动的直接费用与工期成比例（直线）。这样就可以确定活动的赶工费用率，即每赶工一天需要增加的直接费用。

$$K = \frac{CC - CN}{DN - DC}$$

式中，DN 为正常时间；CN 为正常时间的费用；DC 为极限时间；CC 为极限时间的费用。

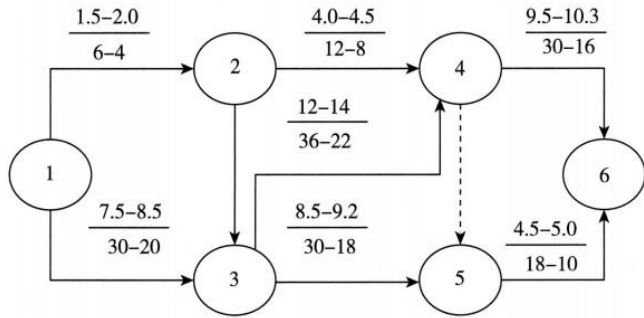
二、优化步骤

时间费用的优化可按以下步骤进行。

- (1) 绘制网络图并进行网络时间的计算，确定关键线路。
- (2) 计算网络图中各活动的赶工费用率。
- (3) 找出具有最低费用率的一项关键工作作为缩短时间的对象。
- (4) 缩短时间，要考虑本活动的极限时间的限制，同时还要考虑非关键线路的总时差限制。
- (5) 计算相应增加的直接费用、减少的间接费用，计算总费用。
- (6) 重复 (3) - (5)，直到达到目标。

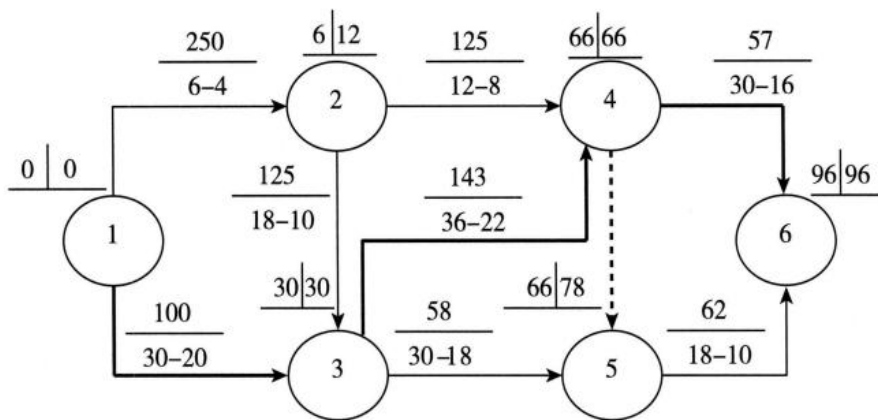
二、优化步骤

【例题】已知网络计划如下图所示，试求费用最少的工期。图中公式横线上方为工作的正常费用和最短时间的费用（单位：千元），公式横线下为活动的正常加工时间和极限加工时间，已知间接费用 $C=120$ 元/天。



第一步，画出网络图，进行网络时间计算，求出关键线路，用粗线表示。

第二步，计算赶工费用率，见下图各活动工期上的数字，以元为单位。

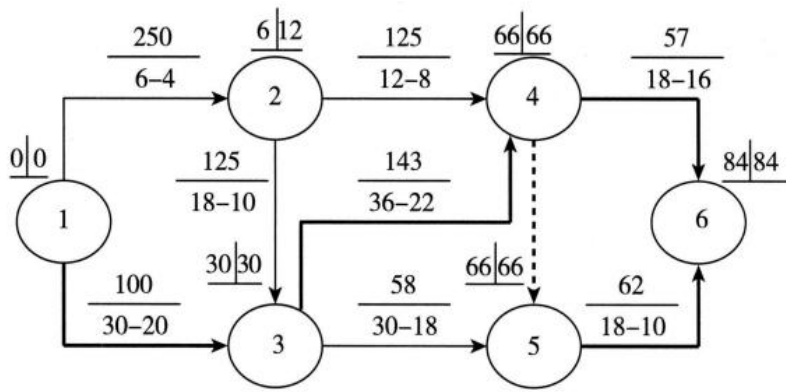


第三步，寻找压缩活动。考虑到现在关键线路上有三个活动可压缩（活动 1-3、3-4、4-6），其赶工费用率分别为 100、143、57，其中 57 最低，所以压缩活动 4-6。

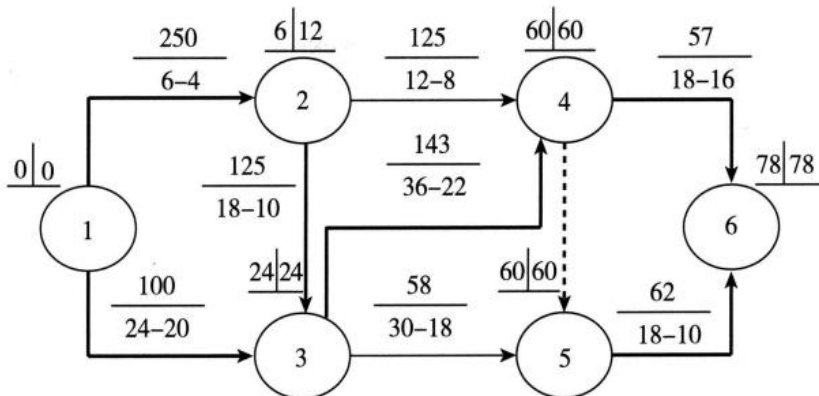
第四步，在压缩时要注意两个方面，其一是本身的极限工期（16），可压缩 14 天；其二是相关非关键活动的时差，这里要考虑到活动 5-6，其总时差为 12。因此活动 4-6 只能压缩 12 天，项目工期为 94 天。如果把 4-6 压缩 14 天，这时项目工期仍然为 94 天不会变成 92 天，因为此时 1-3-4-5-6 为线路时间长，变成了关键线路。

第五步，计算费用变化。此时赶工 12 天，增加直接费用为 $12 \times 57 = 684$ 元；缩短总工期 12 天，节省间接费用为 $12 \times 120 = 1440$ 元，共节省费用 756 元。

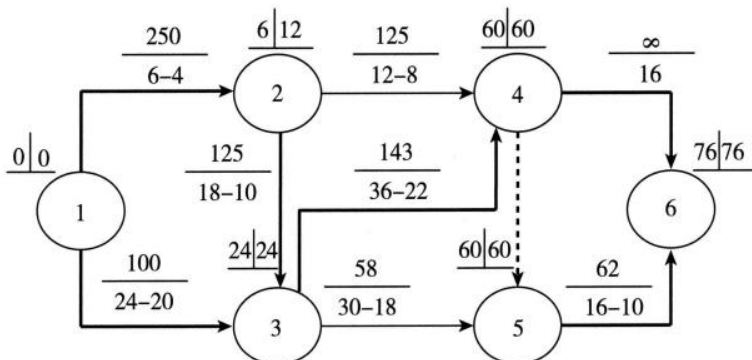
第六步，重新确定关键线路，此时 5-6 变成关键活动，可选择的赶工方案有：赶工 1-3、赶工 3-4、同时赶工 4-6 和 5-6，赶工费用率分别为 100、143、119 所以选择赶工活动 1-3。它本身可赶工 10 天，但考虑到活动 2-3 的总时差只有 6 天，所以只赶工 6 天，此时增加的直接费用为 $6 \times 100 = 600$ 元；减少的间接费用为 $6 \times 120 = 720$ 元，共节省 120 元。



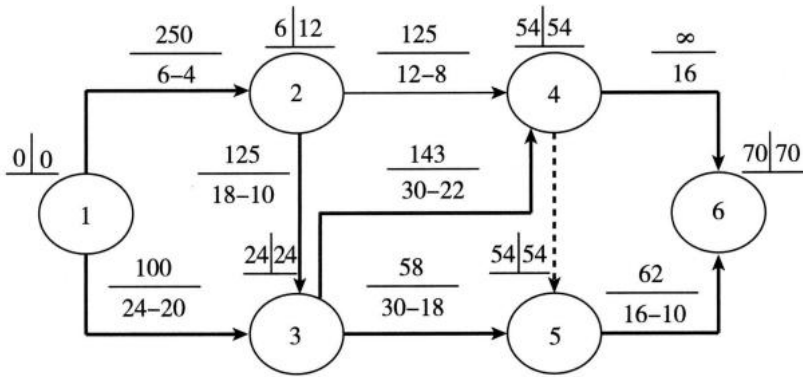
第七步，重新确定关键线路，可选择的赶工方案有：同时赶工 1-3 和 1-2、同时赶工 1-3 和 2-3、赶工 3-4、同时赶工 4-6 和 5-6，赶工费用率分别为 350、225、143、119，所以选择同时赶工 4-6 和 5-6。4-6 只能赶工 2 天，此时增加直接费用为 $2 \times 119 = 238$ 元；减少的间接费用为 $2 \times 120 = 240$ 元，节约 2 元。



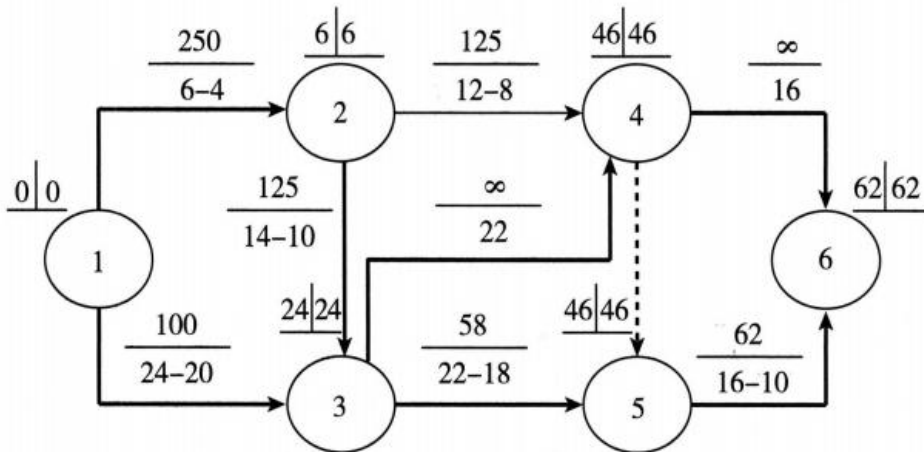
第八步，重新确定关键线路，4-6 赶工到极限，在上面标上无穷大，表明该活动不能再赶工了。可选择的赶工方案有：同时赶工 1-3 和 1-2、同时赶工 1-3 和 2-3、赶工 3-4，赶工费用率分别为 350、225、143，所以选择赶工活动 3-4。它本身可赶工 14 天，但考虑到活动 3-5 的总时差只有 6 天，所以只赶工 6 天，此时增加直接费用为 $6 \times 143 = 858$ 元；减少的间接费用为 $6 \times 120 = 720$ 元，多支出 138 元。



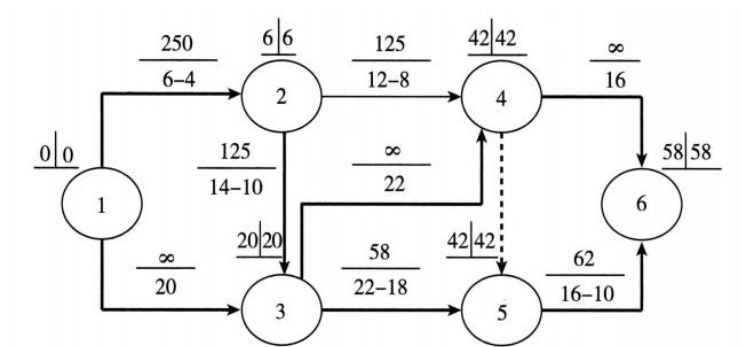
第九步，重新确定关键线路，可选择的赶工方案有：同时赶工 1-3 和 1-2、同时赶工 1-3 和 2-3、同时赶工 3-4 和 3-5，赶工费用率分别为 350、225、201 所以选择同时赶工 3-4 和 3-5。活动 3-4 可以赶工 8 天，此时增加直接费用为 $8 \times 201 = 1608$ 元；减少的间接费用为 $8 \times 120 = 960$ 元，多支出 648 元。



第十步，重新确定关键线路，可选择的赶工方案有：同时赶工 1-3 和 1-2、同时赶工 1-3 和 2-3，赶工费用率分别为 350、225，所以选择同时赶工 1-3 和 2-3。活动 1-3 可以赶工 4 天，此时增加直接费用为 $4 \times 225 = 900$ 元；减少的间接费用为 $4 \times 120 = 480$ 元，多支出 420 元。



此后不能再压缩工期。整个过程见表，从中可以看出，正常工期为 96 天，总费用为 11520 元（不含最初直接成本）；最低成本工期为 76 天，总费用为 10642 元；而最短工期为 58 天，总费用为 11948 元。不同工期和费用要求的计划可以从上述过程中看出来，因此企业可以根据具体情况来做出安排。



工期/天	96	84	76	70	62	58
增加直接费用/元	0	684	1 522	2 380	3 988	4 988
总间接费用/元	11 520	10 080	9 120	8 400	7 440	6 960
合计总费用/元	11 520	10 764	10 642	10 780	11 428	11 948

讲解归纳与举例

例：【多选题】延长工期会增加的费用包括（ ）。

- A. 劳动工人的工资
- B. 管理人员的工资
- C. 原材料费用
- D. 拖期罚款
- E. 机器设备的使用费用

【答案】BD

【解析】BD 为间接费用，随着工期的延长而增加；ACE 为直接费用，随着工期的延长而减少。