

## 第六讲 系统分析（1）

“系统分析”一词源于美国兰德公司(RAND,1948,专门以研究和开发项目方案以及方案评价为主的软科学咨询公司)。



# 一、系统分析概述

## 1. 系统分析概念

### 1) 狭义的系统分析

《中国大百科全书》:应用建模、仿真等技术对系统的各个方面进行定量和定性的分析, 为选择最优的系统方案提供决策依据的分析研究过程。

《现代科学技术词典》

【控】 用数学方法确定一组其各个特性已知的元件互相联接后将对一个给定的输入或一组输入产生何种响应的分析方法。

【工程】 对一个作业、程序、方法、工艺或业务所进行的分析, 以决定必须完成什么以及如何才能最好地完成这些必要的工作。

【系统工程】指推断假想系统所有可能的后果，这些推论与系统的性能、费用、质量、市场行情等等有关。

《美国大百科全书》:为了获得组成系统的对象（objects）的内部作用和相互关系的最好理解，以便组织和控制庞大而复杂的系统而进行的（定量和定性）分析。

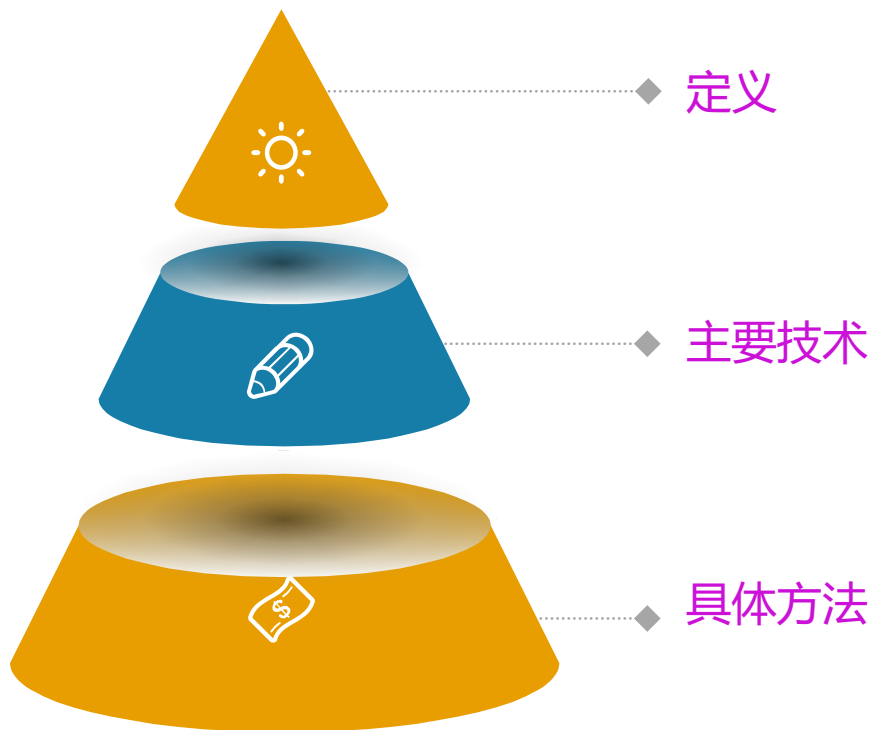
系统分析专门用于包含人的因素和系统中人的因素之间的行为关系以及人-机组份的研究，例如地方政府的社会福利系统,分布式生产系统，污水处理系统……

对物理过程系统（如天气系统、炼油厂等）的研究常常用冠以系统理论、系统科学或系统工程的方法论来进行的。

## 小结

系统分析的含义可以从不同的角度来理解，有时系统分析的含义窄到只与数据处理有关（如图像系统），或者作为成本效益分析的同义词，广义的系统分析几乎与系统方法、系统工程方法论同义。作为这门课程，我们采用《中国大百科全书》的定义。

## 2) 广义的系统分析（系统工程的方法论）



综合应用运筹学、控制论、信息论、管理科学、经济学、心理学以及计算机科学的理论、方法, 用以解决复杂问题的一整套步骤、方法、工具和技术.

建模、仿真、优化理论、方案生成技术、决策分析、预测和评估、多目标决策、群决策

成本效益分析(CBA) 规划、计划、预算系统(PPBS)

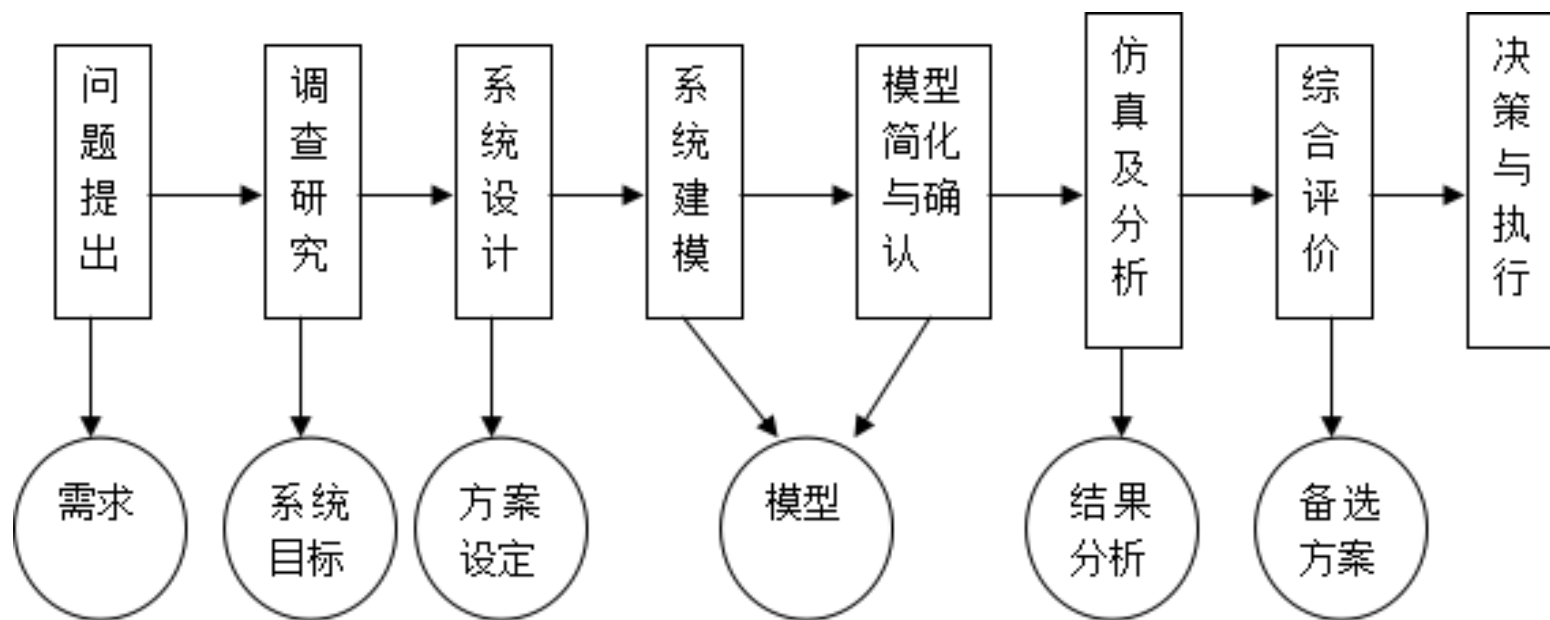
计划协调技术(PERT) 图解协调技术(GERT)

关键路径法(CPM) 风险协调技术(VERT)

盈亏分析、灵敏度分析、风险分析等

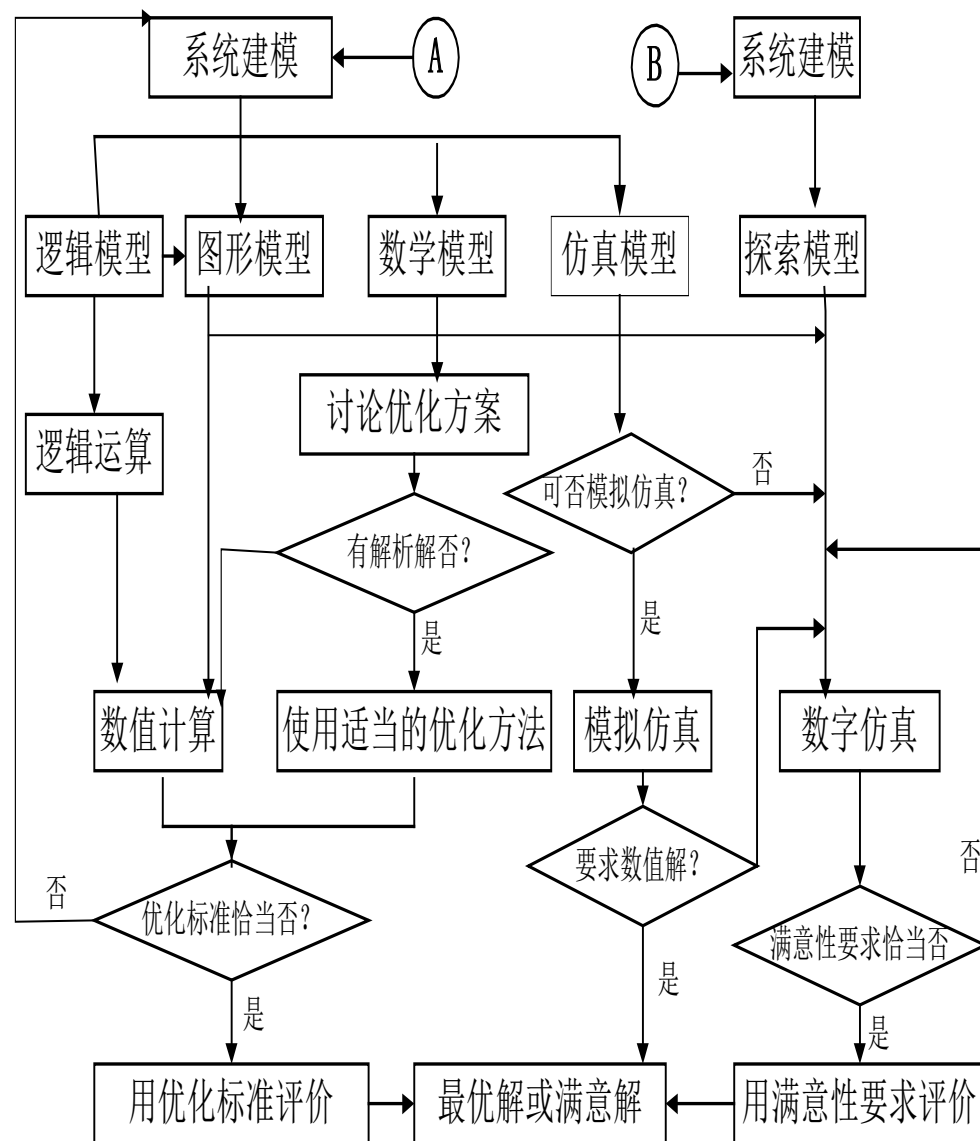
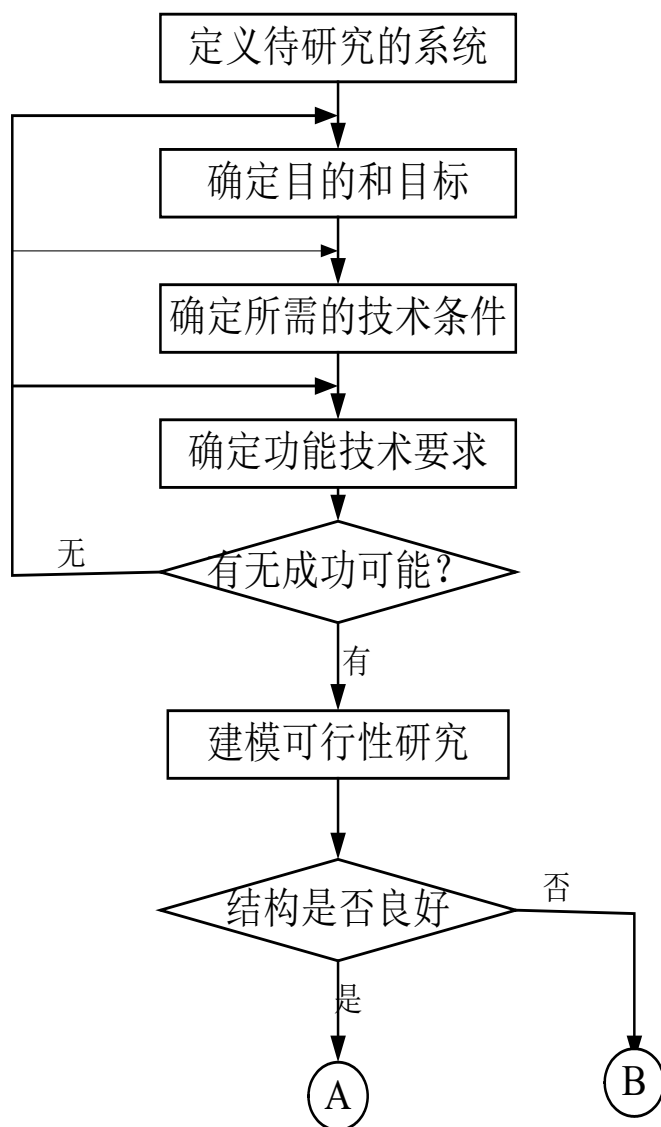
## 工作步骤(逻辑上)

明确问题→设计评价指标体系→系统综合与系统分析→优化→决策(抉择)→实施



(以直饮水工程为例)

### 3) 系统分析流程



## 2、系统分析的内容





### 3、系统分析方法及其适用范围

#### 1) 系统分析方法

目前不存在一套特定的普遍适用的技术方法，需具体问题具体分析

定量方法：数学模型

定性方法：目标——手段分析法（目标结构分解）

因果分析法（层次因果图）

KJ法（卡片分组）

德尔斐法（背靠背预测收敛）

头脑风暴法（自由思考、相互启发）

## 2) 系统分析方法的本质

- 系统分析方法是用科学方法解决复杂问题的一种技术. 它的注意力集中在分析、设计与其成分或部分迥然不同的**整体**. 它坚持全面地看问题, 考虑问题的所有侧面和一切可变因素, 并把问题的社会方面和技术方面联系起来.
- 系统分析方法,即系统思想,必须使整个系统达到**最优化**, 而不是使系统的各部分分别优化(次优化).

**例:** 正面 米格25、田忌赛马

反面 NBA雷霆队三少共存时的人员配置

- 系统分析方法是在高度复杂的技术水平上运用逻辑、智慧和想象. 系统分析方法是平凡的常识,每个概念、每个步骤都与常识相符.
- 系统分析方法的值在于: 能把常识性思想汇集起来,协调一致,集中解决复杂环境下的复杂问题.

系统方法本身并不为你解决具体问题,只有**综合**运用各相关学科的知识才能解决问题.

### 3) 系统分析方法的适用范围

- 系统分析方法适用于: 目标明确, 所要求的科学技术足够成熟的问题。

**例如:** 阿波罗登月计划

目标: 十年内把一个人送上月球并使他安全返回

要求的科技: 大型运载火箭

宇宙飞船

弹道线路分析和轨道测定系统

通信系统

- 成功运用系统方法的其它条件

- 1) 适当的研究范围，过大、过小都不行

- 2) 技术问题和非技术问题的密切配合

- 社会伦理道德方面的考虑（哈佛返老还童实验）

- 向有关领导推销计划的重要性

- 3) 合适的技术队伍

- 高明的系统工程师:

- 系统的创造者、革新者、综合者,

- 能看到从系统要求到系统运行的途径

- 能协助领导作决策、实现计划、创建系统

- 是通才、T型人才: 知识广博，在某一领域造诣很深

#### 4) 系统分析与系统工程未能在社会系统中取得重大成功的原因

- 很难把社会系统的目标阐述清楚
- 软科学不够成熟

什么是社会的而非个别领导的真实需求？

什么是社会公平性？（男女平等）

## 二、宏观（定性）分析

### 1、目标分析

系统目标分析的目的在于论证目标的合理性、可行性和经济性，并获得分析的结果，是系统分析和设计的出发点。具体要求包括：

- 制定的目标应当是稳妥的（合理、可行、经济）
- 制定目标应当注意它可能起到的所有作用，正面的和反面的（工业化建设）
- 应当将各种目标归纳成目标系统（目标树）
- 对于出现的目标冲突不要隐蔽（有冲突正常）

# 1) 目标分类

- 战略目标和战术目标 (考研心理)

- 单目标和多目标 (找工作)



- 总体目标和分目标 (想发财)

- 近期目标和远期目标 (人生规划)

- 主要目标和次要目标 (女朋友标准)



## 2) 系统目标的建立

### (1) 总目标的建立

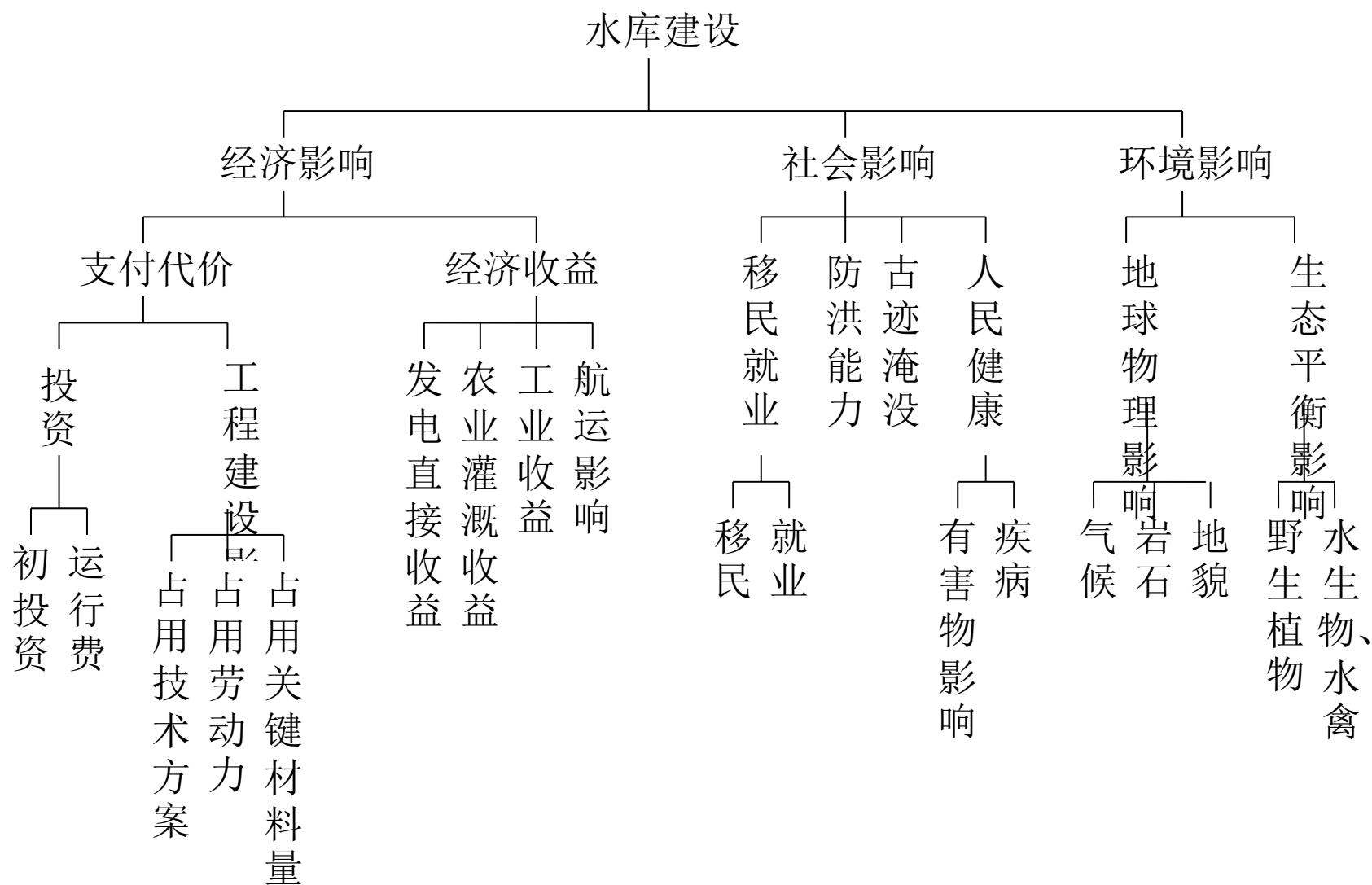
总目标是对系统的总体要求，是确定系统整体功能和任务的依据。其制订依据有

- 由于社会的发展而提出的必须予以解决的新课题（新能源）
- 由于国防建设发展提出的新要求（航母）
- 目的明确、但目标系统有较多选择的情况（省钱）
- 于系统改善自身状态而提出的课题（信息化）

## （2）目标集的确立（目标树）：

构造目标树的原则：

- 目标子集按照目标的性质进行分类，将同一类目标划分在一个目标子集内
- 目标分解，直到可度量为止



某水库建设目标树

### 3) 目标分析与协调

目标间的关系有3种情况：

- 目标冲突
- 目标互补
- 目标间无依存关系

目标协调的任务在于：将有关各方由于价值观、道德观、知识层次、经验和所依据的信息等方面存在的差别而造成的矛盾和冲突，加以有效的疏通和化解。经过这种协调得到的目标是有关各方均能接受的满意结果，并非某种意义上的最优。

目标冲突的表现情况主要有：

- ◆ 技术目标冲突
- ◆ 社会经济目标冲突

## 2、环境分析

**系统环境**：存在于系统之外的自然、经济、社会、技术、信息和人际关系的总称。

系统环境分析的目的在于：了解和认识系统与环境的相互关系、环境对系统的影响和可能产生的后果。

系统环境分析的内容：

环境概念（自然、经济、社会、技术、信息和人际）

环境因素及其影响作用（需求约束）

系统与环境边界的界定等（外协、技术引进）

## 1) 环境因素分类

- 物理和技术因素：现存系统（前提）、技术标准（约束）、科技发展因素估量（工艺）、自然环境等
- 经济和经济管理因素：外部组织机构（上下游）、政策和政府作用（“房屋是用来住的”政策）、产品系统及其价格结构（供需平衡）、经营活动等
- 社会因素：群体因素、个体因素

## 2) 环境因素的确定与评价

环境因素的确定：

根据实际系统的特点，通过考察环境与系统之间的相互影响和作用，找出对系统有重要影响的环境要素的集合，即划定系统与环境的边界。

环境因素的评价：

通过对有关环境因素的分析，区分有利和不利的环境因素，弄清环境因素对系统的影响、作用方向和后果等。

例如：

企业经营管理信息系统			
经济环境	技术环境	社会环境	政治环境
国民生产总值 消费水平政府 开支利率变化 汇率变化	评估科技发展 动态预期自行 开发的新产品 竞争对手的开 发情况	价值观念变 化人口变化 生活方式变 化	政策变化政 治体制企业 与政府关系



### 3) SWOT法

Strengths and Weaknesses (内部) , Opportunities and Threats  
(外部)

### 4) 举例

(以济南泉水特征及影响因素系统分析为例)

问题：喀斯特水系统中泉水断流问题分析

因素：当年、前一年、前二年的降水量，市区开采量，泉域内的开采量 (供给不协调)

结论：济南泉水明显受自然因素和人为因素的影响。因此应增加地下水的补给量,合理地调整开采布局和开采量以保证泉水常年喷涌。

### 3、结构分析

系统结构：系统的构成要素在时空连续区上的排列组合方式和相互作用方式。（任何系统都以一定的结构形式存在，比如楼房、KTV系统）

系统结构分析的目的在于：找出构成集合性、相关性、阶层性、整体性这几个表征的规律，即寻求构筑系统合理结构的规律和途径（结构和输出最优）。

系统结构分析的内容：构成系统的要素集

要素间的相互关系

要素在系统中的排列方式

系统的整体性

## 1) 系统要素集分析（集合性）

- 在已确定的目标树基础上确定要素（功能结构单元）集
- 运用价值分析技术（价值标准，如经济、全面等）对已得到的要素进行价值分析（如老歌、外文歌等）和优化处理（分布、排序）

## 2) 系统相关性分析

系统要素间的相关性包括空间结构、排列顺序、相互位置、松紧程度、时间序列、数量比例、信息传递方式，以及组织形式（**配比**）、操作程序（**工艺、流程**）、管理方法（**经验、信息化**）等多方面。（**同样的材料，产品质量却不一样**）

- 二元关系分析（**方阵表**）
- 对二个相关要素间的具体关系进行分析，包括物理的、化学的、机械的还是经济的、组织的等。

### 3) 系统阶层性分析

系统阶层性分析的目的在于：解决系统分层数目和各层规模的合理性问题，即解决层次的纵向和横向规模的合理性问题（比如人事系统、部队）。

主要从2个方面考虑：

- 传递物理、能量和信息的效率、质量和费用，同时要便于控制。
- 功能团（或功能单元）的合理结合和归属问题（互补互斥）。

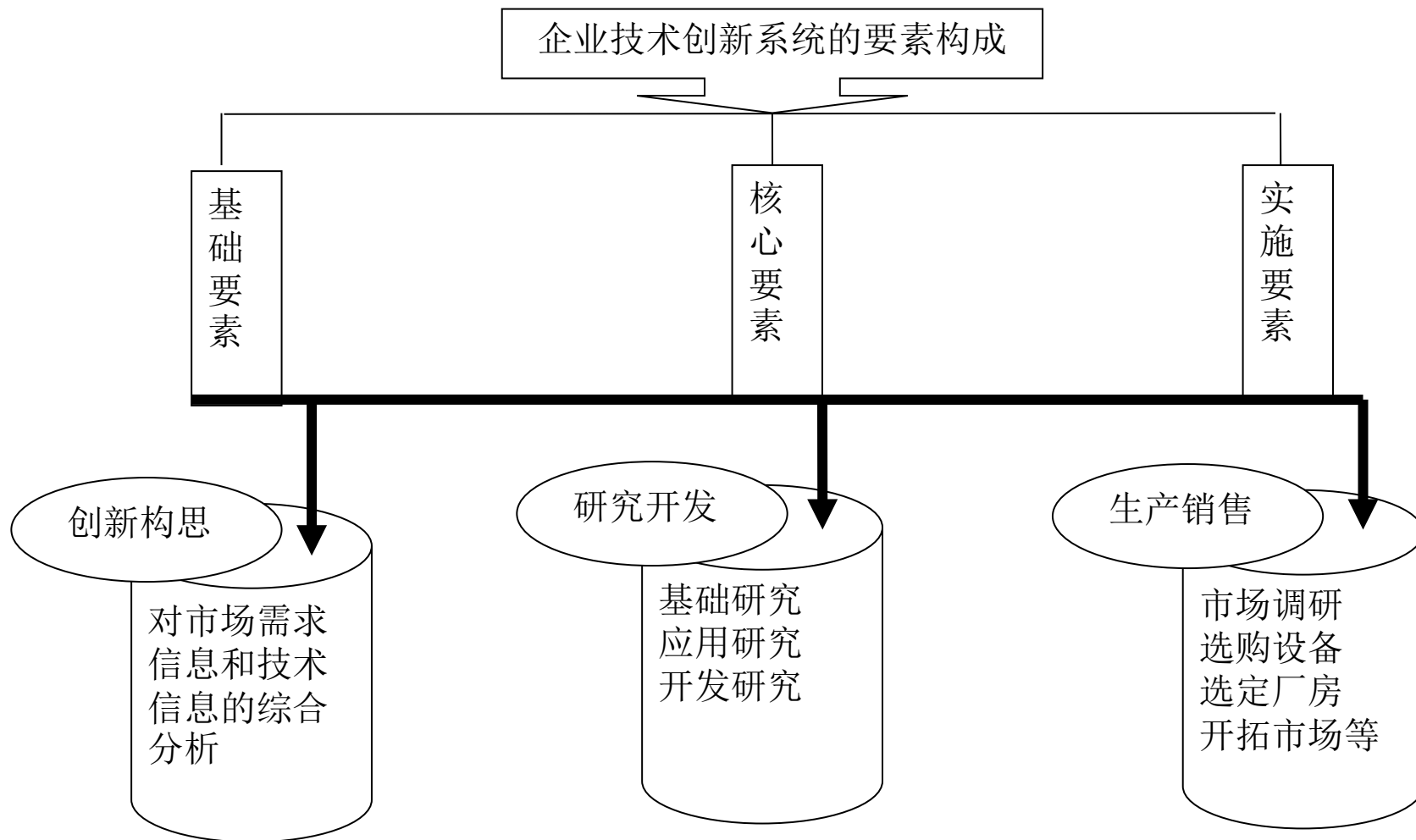
#### 4) 系统整体性分析

作为结构分析的核心，系统整体性分析是综合要素集、关系集、层次性分析结果，以整体最优为目的的一种协调，即使要素集、关系集、层次分布达到最优结合，并取得系统整体的最优输出（**工程施工中的设备、材料和人**）。

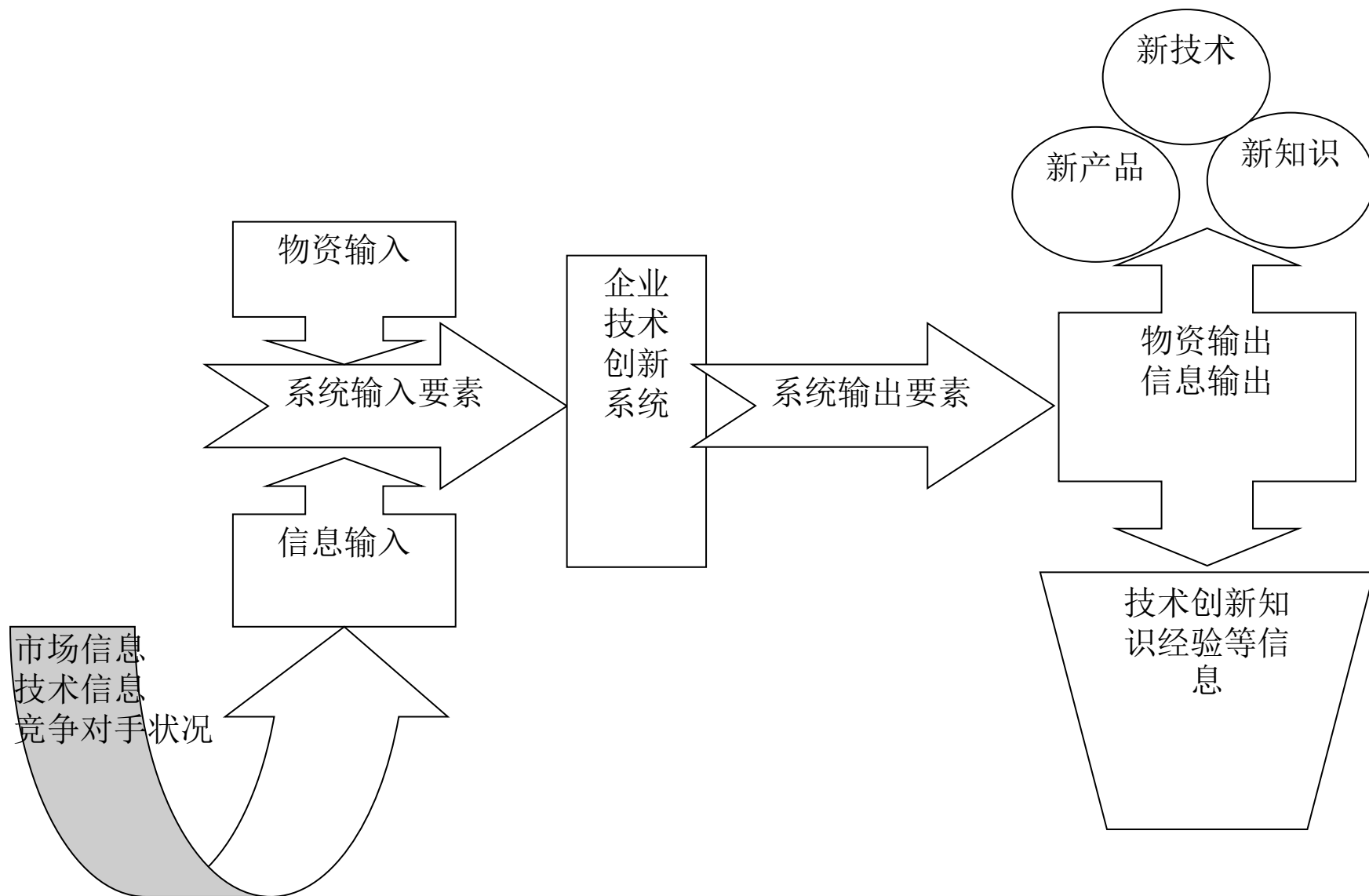
- 建立一个评价指标体系来衡量和分析系统的整体结合效果（**专家打分综合**）。
- 建立可反映系统整体性的要素集、关系集、层次分布的结合模型，以定量分析系统整体结构的合理性和最优输出。（**定量仿真**）

## 5) 举例（以企业技术创新为例）

### A. 技术创新系统的内部结构



## B. 技术创新系统的外部因素





## 4、层次分析

(略，后面章节介绍)

# 三、微观（定量）分析

## 1、技术经济分析

**技术经济分析**：对技术方案的经济效益进行分析、计算和评价，从中区分出技术上先进、经济上合理的优化方案，为决策提供科学依据。

## 1) 技术与经济的关系

**技术**：根据生产实践经验（开车）和自然科学原理（杂交水稻），为实现一定的目的而提出的解决问题的各种操作技能以及相应的劳动工具（先进设备）、生产的工艺过程或作业方法（芯片制造）。

**经济**：节约与收支（实惠、低成本、高收益）。

技术与经济的**关系**：经济发展的需要是技术进步的原动力和方向，技术进步则是推动经济发展的重要条件和手段。“科学技术是第一生产力”。

## 2) 技术经济分析的基本指标

用来衡量生产活动的技术水平和经济效益。

### (1) 、 产值

A. 总产值: 
$$S = C + V + M = \sum_{i=1}^n k_i x_i$$

B. 净产值:  $N = S - C = V + M = \text{工资} + \text{税金} + \text{利润} + \text{其他}$

(生产法) (分配法)

C\_\_\_已消耗的生产资料的转移价值;

V\_\_\_劳动者为自己创造的价值;

M\_\_\_劳动者为社会创造的价值;

$k_i$ \_\_\_第*i*种产品（或服务）的价格;

$x_i$ \_\_\_第*i*种产品（或服务）的产量（或工作量）。



## 产品价值的构成

产品价值 $W$ (总产值)									
物化劳动的价值补偿 $C$						活劳动创造的新价值 (净产值)			
劳动手段的价值补偿 (无形) $C_1$		劳动对象的价值补偿 $C_2$				为自己劳动 $V$		为社会劳动 $M$	
基本折旧费	大修理费用	原材料	燃料	动力	其他消耗材料	工资	奖金	利润 $M_1$	税金 $M_2$
产品成本: $C_1 + C_2 + V$									

### (3) 收入

销售收入：售出产品后的收入,即已售出的产品（或服务）的价值（与总产值不一样，不包括在生产的）

纯收入：又称盈利，是销售收入扣除产品成本后的余额，包括税金和利润（社会价值M）。

### (4) 投资

固定资产投资：新建、改建、扩建和恢复各种生产性（设备）和非生产性（厂房）固定资产所花费的资金。（价值折旧）

流动资金：用于购买生产所需的原材料、半成品、燃料、动力以及支付工资与各种活动费用的投资。（价值转化）





### 3) 技术经济分析的相对指标

#### (1) 反映资金占用的指标

A. 每百元产值占用的流动资金：年度定额流动资金的平均占用额与同期总产值之比。

B. 每百元产值占用的固定资产：固定资产年度平均原值与同期总产值之比。

## (2) 利润率指标

- A. 资金利润率：利润总额与所占用资金总额（固定资金和流动资金）之比；
- B. 工资利润率：利润总额与工资总额之比；
- C. 成本利润率：利润总额与产品成本之比；
- D. 产值利润率：利润总额与产值之比。

## 3) 劳动生产率

劳动者在单位劳动时间内所生产的产品数量，或者用单位产品所耗费的劳动时间计算。（生产能力）

## (4) 其他相对指标

包括单位产品原料、燃料、动力消耗量，原材料利用率。

### 4) 技术经济分析的可比性（方案比较前提）

- A. 满足需要可比（相互替代，如华为和中兴对于中国电信）
- B. 消耗费用可比（统一计算）
- C. 价格可比（时间价格）
- D. 时间可比（生命周期）

## 2、成本效益分析

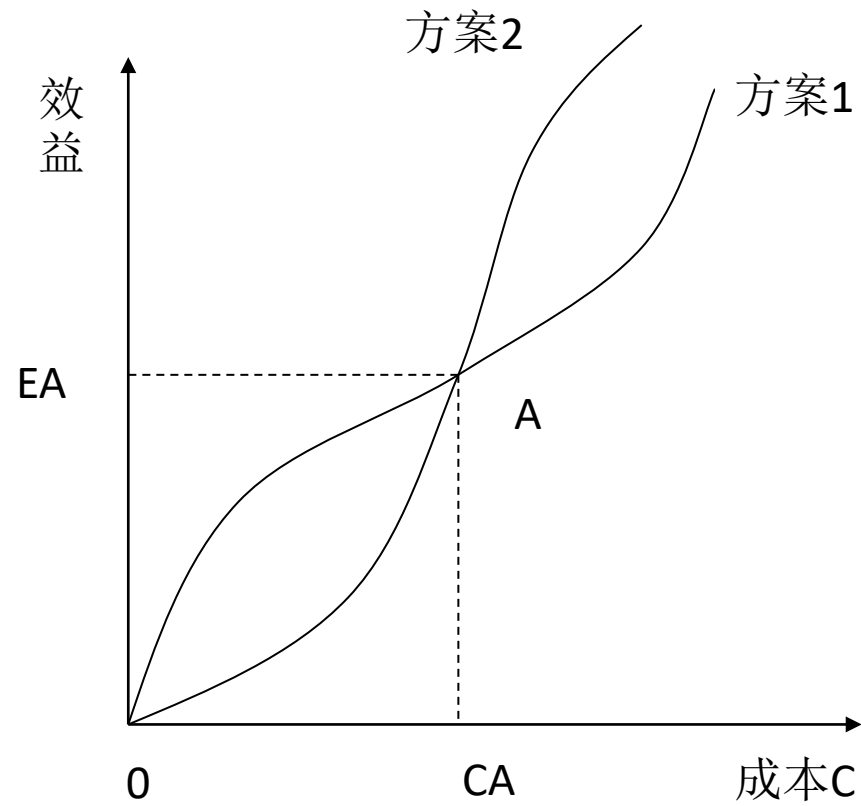
**成本效益分析：**在多个备选方案之中，通过成本与效益的比较来选择最佳方案。

### 1) 成本效益分析的基本方法

#### (1) 比较法

- 效益相同时，取成本最小者（水平线）
- 成本相同时，取效益最大者（垂直线）
- 当成本与效益均不相同时，取效益与成本的比率最大者

## (2) 图解法



## 2) 资金的时间价值

(1) 单利法:  $F = P(1 + in)$

(2) 复利法:  $F = P(1 + i)^n$  (符合实际社会的再生产)

F\_ 本利和; P\_ 本金 (整付现值, 期初); A\_ 本金 (分付现值, 期末); i\_ 利率; n\_ 计算利息的周期数。

### 3) 资金的等值计算（时间与价值的折合）

(1) 整付本利和:  $F = P(1 + i)^n$

(2) 整付现付:  $P = F / (1 + i)^n$

(3) 等额分付本利和:  $F = \sum_{k=1}^n A(1 + i)^{k-1} = A \frac{(1 + i)^n - 1}{i} \quad (A \rightarrow F)$

(4) 等额分付现值:  $P = F / (1 + i)^n = A \frac{(1 + i)^n - 1}{i(1 + i)^n} \quad (A \rightarrow P)$

(5) 等额分付积累基金:  $A = F \frac{i}{(1+i)^n - 1}$  (F→A)

(6) 等额分付资本回收:  $A = P \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$  (P→A)

(7) 投资回收期:  $n = \frac{-\lg(1 - Pi / A)}{\lg(1 + i)}$  (P+A→n)



## (8) 单利法的几个公式:

- 整付本利和: 
$$F = P(1 + in)$$

- 整付现付: 
$$P = F / (1 + in)$$

- 期末等额分付本利和: 
$$F = \sum_{k=1}^n A(1 + (k-1)i) = nA \left[ 1 + \frac{1}{2}(n-1)i \right]$$

- 等额分付现值: 
$$P = \sum_{k=1}^n \frac{A}{1 + ki} = nA \frac{1 + (n-1)i / 2}{1 + ni}$$

### 3、量本利分析

**量本利分析：**即“产量Q-成本C-盈利P分析”的简称，通常又称为**盈亏平衡分析**或**盈亏转折分析**，是成本效益分析的一种专门形式。

$$P = kQ - C = S - C$$

其中，k为产品单价， $S = KQ$ 表示销售收入。

量本利分析的目的在于：找出各种因素（**相互影响**）的最佳组合，从而使得企业的盈利最大。

## 1) 固定成本与可变成本

$$C = F + V = F + vQ$$

$$v = \frac{V}{Q} \quad (\text{单位产品平均可变成本})$$

固定成本F：不受产量增减的影响而相对固定的费用，例如折旧费、车间经费、企业管理费及不明显随产量变化的间接人工成本等。

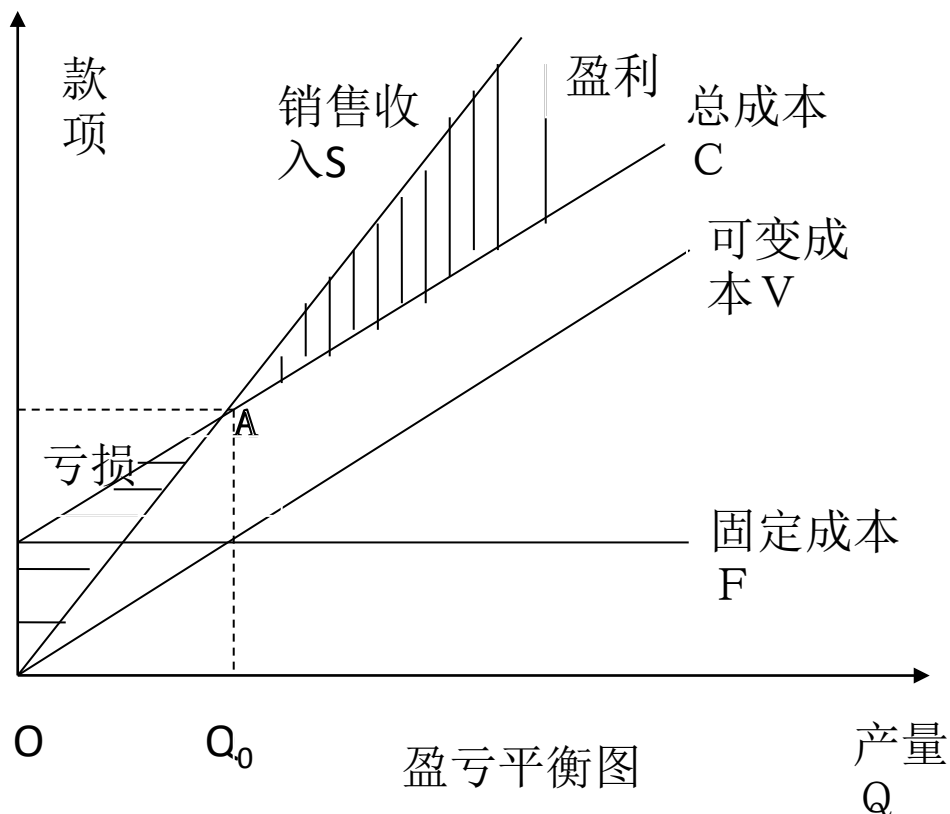
可变成本V：随着产量增减而成正比例增减的费用，例如直接构成产品的原材料费用、生产工人工资（直接人工成本）、外购件及外协件的成本、直接在加工制造中消耗的动力费用等。

销售收入与成本构成

销售收入S	总成本C	生产成本	直接人工成本	可变成本V
			直接原材料、燃料、动力	
			外购件、外协件	
			间接人工成本	固定成本F
			折旧费	
			车间经费	
			管理费用等	
		销售费用		
	盈利P			

## 2) 盈亏平衡图及多个盈亏平衡点问题

### (1) 盈亏平衡图（坐标系）



图中，销售收入  $S$  与总成本  $C$  的交点

$A$  称为盈亏平衡点，在  $A$  右上方，

$S > C$ 、 $P > 0$  为盈利区；在  $A$  左下方，

$S < C$ 、 $P < 0$  为亏损区。  $A$  点的横

坐标  $Q_0$  为盈亏平衡产量，通常称为

盈亏平衡点。

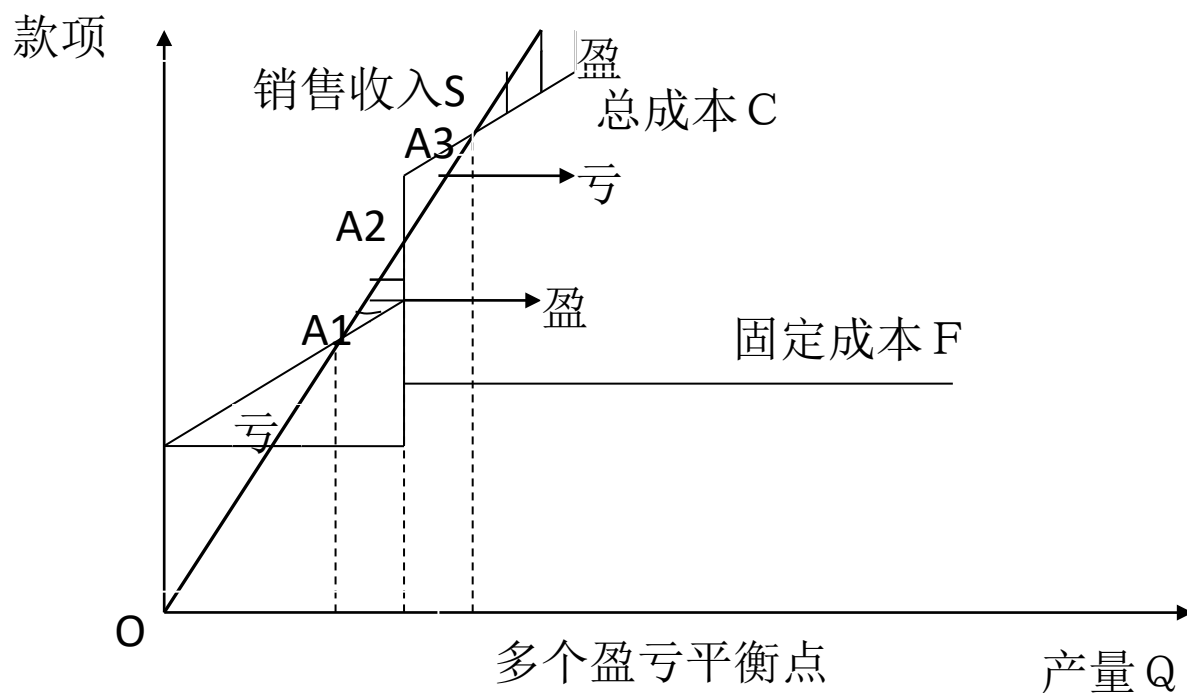
$$\text{令 } P = kQ - (F + vQ) = 0$$

可得  $Q_0$  的计算公式：

$$Q_0 = \frac{F}{k - v}$$

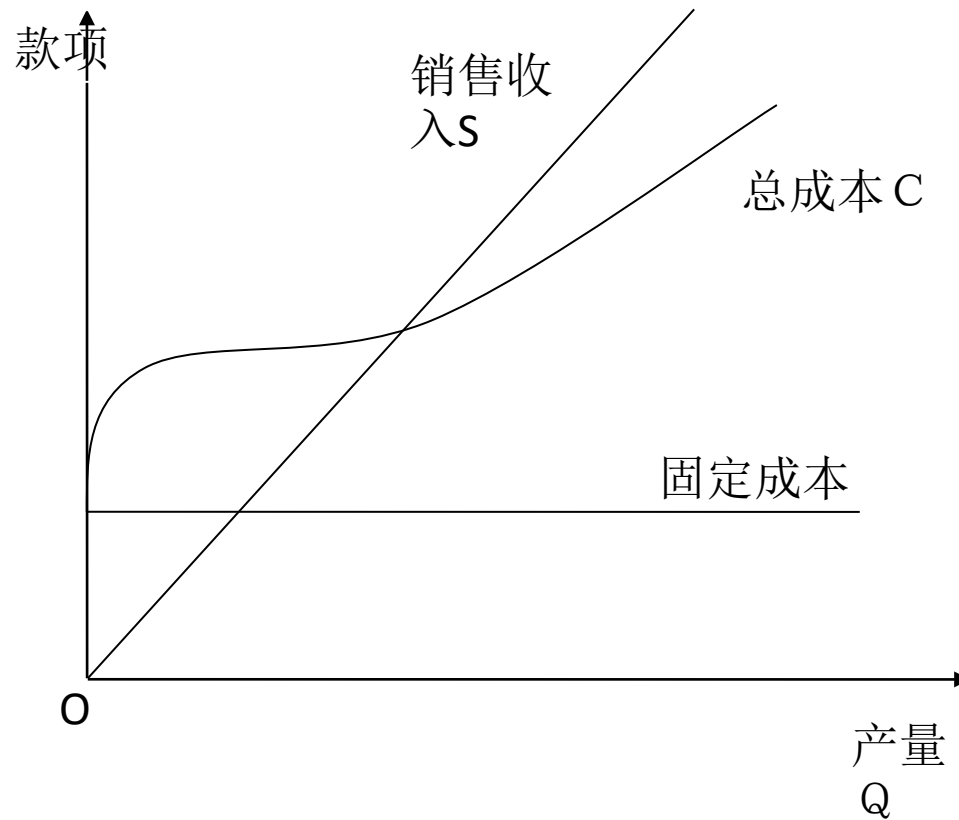
## (2) 多个盈亏平衡点问题

上图中各条成本线与销售收入线都是直线，而实际情况并非如此，可能是阶梯线或曲线。例如，当产量大幅度增加时，工厂原有的机器设备不够用，就得添置新的机器设备。这时，固定成本就会产生一个阶跃，总成本也相应改变，就会出现多个盈亏平衡点，如下图中 A1、A2、A3。



再如，在新产品试制时其可变成本是曲线（开始时产量低、费用高），因而总成本也是曲线，如下图所示。此时，

$$v = \frac{dV}{dQ} = \frac{dC}{dQ} \quad C = F + \int_0^Q v dQ$$



**例：**设某产品的总成本服从函数  $C = a_1 + a_2Q + a_3Q^2$ ，且已知当产量 $Q$ 分别为6, 10, 20（百件）时，其总成本分别为104, 160, 370（千元）。设该产品的售价为200元/件，试作盈亏分析。

**解：** I) 计算系数 $a_1$ 、 $a_2$ 、 $a_3$ ，确定成本函数表达式。按题意应有以下方程组：

$$\begin{cases} 104 = a_1 + 6 \times a_2 + 36 \times a_3 \\ 160 = a_1 + 10 \times a_2 + 100 \times a_3 \\ 370 = a_1 + 20 \times a_2 + 400 \times a_3 \end{cases}$$

求该方程组，可得  $C = 50 + 6Q + \frac{1}{2}Q^2$



II) 计算单位可变成本:  $v = \frac{dC}{dQ} = 6 + Q$

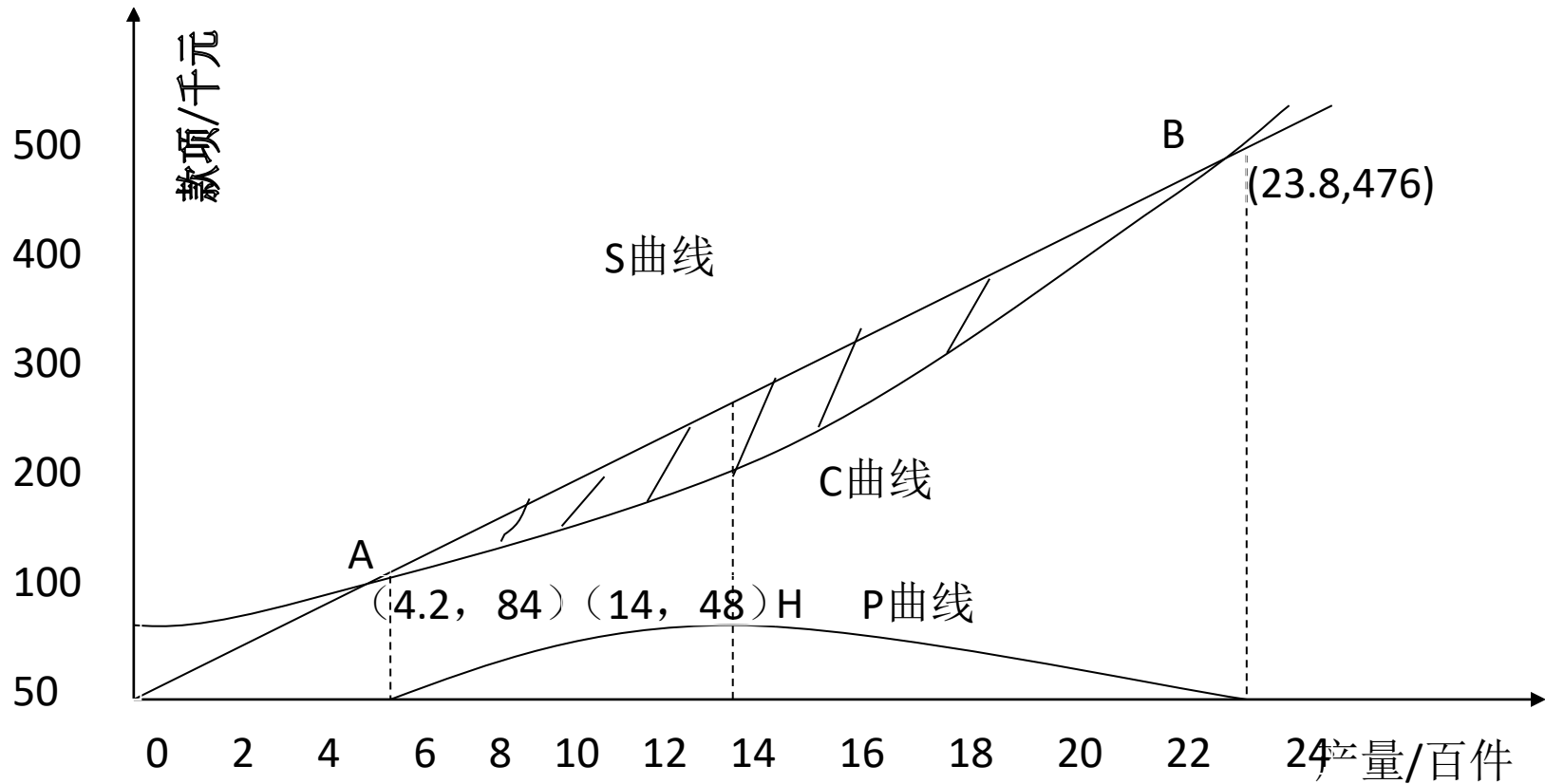
III) 计算销售收入 $S$ 与利润 $P$ : 已知产品售价为200元/件, 进行单位换算

$$S = \frac{200 \times 100}{1000} Q = 20Q$$

则

$$\begin{aligned} P &= S - C = 20Q - (50 + 6Q + \frac{1}{2}Q^2) \\ &= -\frac{1}{2}Q^2 + 14Q - 50 \end{aligned}$$

选定产量—款项坐标系，作S，C，P曲线如下图。



## IV) 进一步分析

A与B均为盈亏平衡点，其对应产量分别为420件与2380件。在A, B两点之间为盈利区，在A, B两点之外为亏损区。

最大利润 $P_{\max}$ 可由  $P = -\frac{1}{2}Q^2 + 14Q - 50$

对Q求导获得：

$$Q^* = 14(\text{百件}) \quad \text{和} \quad P_{\max} = 48 (\text{千元}) = 48000 \text{元}$$

### 3) 经营安全率

$$\alpha = \frac{Q_A - Q_0}{Q_0} \times 100\%$$

其中 $Q_A$ 为实际产量， $Q_0$ 为平

衡产量

#### 经营安全率

经营安全率 $\alpha$	$\geq 30\%$	$25\% \sim 30\%$	$15\% \sim 25\%$	$10\% \sim 15\%$	$\leq 10\%$
经营状况	健康	较好	一般	较差	危险

## 4、可行性研究（技术经济分析+成本效益分析）

**可行性研究：**在明确的目标和限制条件下，对一个具体项目作出这样的科学回答：这个项目是否可以上马？**采取何种方案？**

可行性研究对象：新建、改建、扩建的工业项目、公用设施、科研项目、地区开发、技术措施的采用与技术政策的制订等。

# 1) 可行性研究的要求和作用

要求：明确给出“行”与“不行”的决策建议。需回答what, why, when, where, who, how ? (5W1H)

作用：

- 作为确定工程建设的依据（决策）
- 作为向银行贷款的依据（偿还能力）
- 作为向当地政府包括环保当局申请建设执照的依据（策划）
- 作为该项目与有关部门签订合同的依据（合作）
- 作为本工程建设基础资料的依据（资料）
- 作为企业组织管理、机构设置、职工培训等工作安排的依据（内容）

## 2) 可行性研究的地位（烂尾楼）

### 项目发展周期

投资前时期				投资时期				运行时期
投资机会论证 项目概念	初步选择（初步可行性研究）	项目论证（最终可行性研究）	评价决定阶段（评价报告）	协商并签订合同阶段	项目设计阶段	建设阶段	试运转阶段	正式运行生产

### 3) 可行性研究的主要内容

#### I. 总论

(1) 项目提出的背景（改扩建项目要说明企业现有状况），投资的必要性、经济意义和社会意义。

(2) 研究工作的依据和范围。

#### II. 需求预测和拟建规模

(1) 国内外需求情况的预测和市场情况的分析；

(2) 国内现有企业生产能力的估计；

(3) 销售预测、价格分析、产品竞争能力及进入国际市场的前景；

(4) 拟建项目的规划、产品方案和发展方向的技术经济比较和分析。



### III. 资源、原材料、燃料及公用设施情况

(1) 经过储量委员会正式批准的资源储量、品味、成分以及开采、利用条件的评述；

(2) 原料、辅助材料、燃料的种类、数量、来源和供应可能；

(3) 所需公用设施的数量、供应方式和供应条件。

### IV. 建厂条件和厂址方案

(1) 建厂的地理位置、气象、水文、地质、地形条件和社会经济现状；

(2) 交通、运输及水、电、气的现状和发展趋势；

(3) 厂址比较与选择意见。

## V. 设计方案

(1) 项目的构成范围（指包含的主要单项工程）；技术来源和生产方法、主要技术工艺和设备选型方案的比较；引进技术、设备的来源国别；设备的国内外分交或与外商合作制造的设想；改扩建项目要说明对原有固定资产的利用情况；

(2) 全厂布置方案的初步选择和土建工程量估算；

(3) 公用辅助设施和厂内外交通运输方式的比较和初步选择。

## VI. 环境保护

调查环境现状，预测项目对环境的影响，提出环境保护和三废治理的初步方案。

## VII. 企业组织、劳动定员和人员培训（估算数）

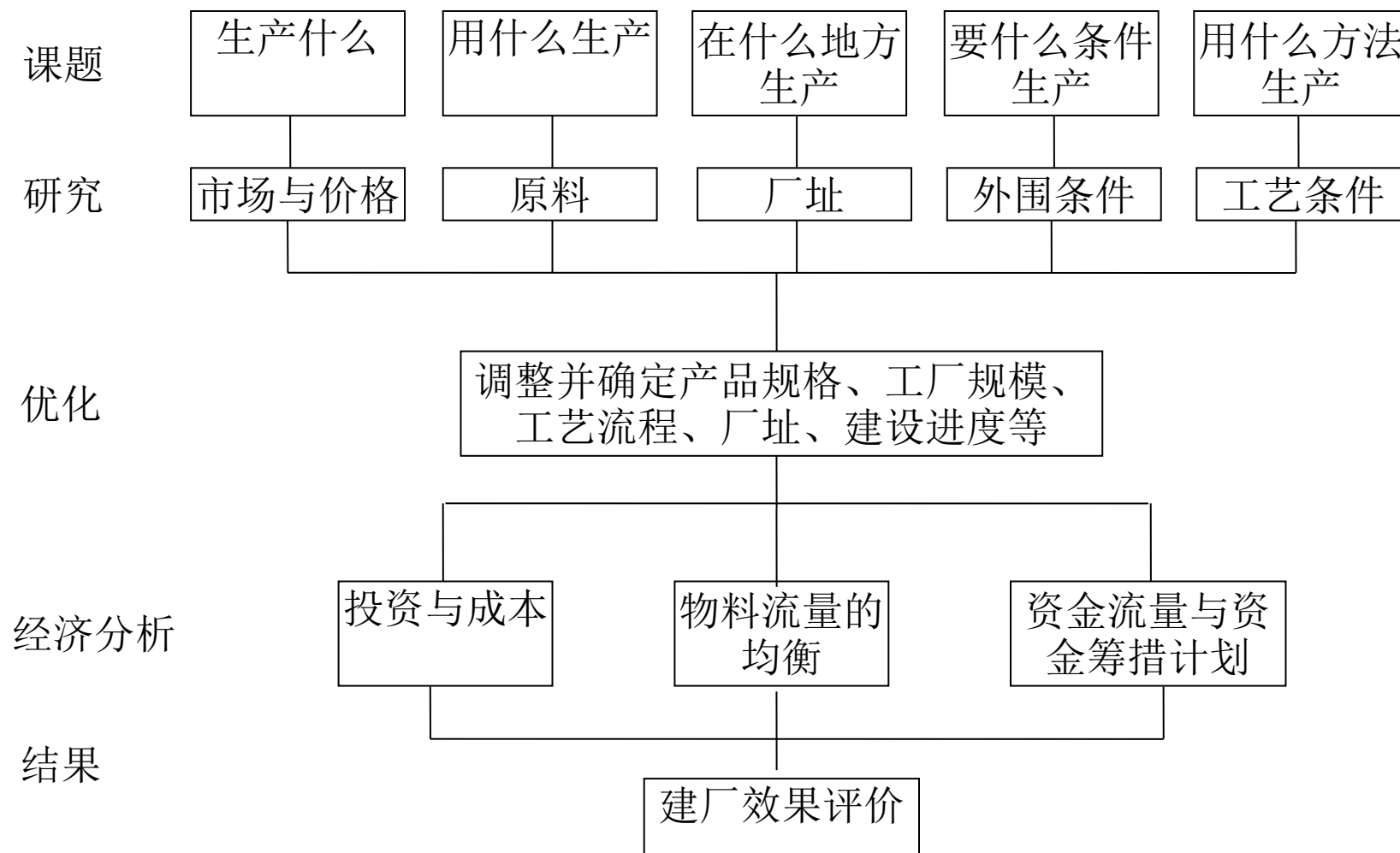
## VIII. 实施进度建议

## IX. 投资估算和资金筹措

- (1) 主体工程和协作配套工程所需的投资；
- (2) 生产流动资金的估算
- (3) 资金来源、筹措方式及贷款的偿付方式。

# X. 社会及经济效益评价（静态效果和动态效果）

可行性分析还可用下图表示：



## 四、系统分析案例

### 案例1 阿拉斯加原油输送方案

问题：如何由阿拉斯加东北部普拉德霍湾油田每天向美国本土运输200万桶原油（任务）。该油田处在北极圈内，海湾长年处于冰封状态，陆地更是常年冰冻，最低气温达零下50°C。（环境）

可选方案：

- 第一方案：由海路用油船运输原油。（破冰船不安全、油库费用大、海运无保证）

- 第二方案：用带加温系统的油管输送原油。（燃料和断裂问题，一半的管道需用底架支撑和作保温处理，建设成本将比铺设地下油管高出3倍）
- 第三方案：将含10%至20%氯化钠的海水加到原油中去，使在低温下的原油成乳状液，仍能畅流，再用普通的输油管道运送。（是一个有价值的创造，且比第二方案的成本大为减少，但需进行海水分离）
- 第四方案：将天然气转化为液态后加到原油中以降低原油的熔点，增加流动性，再用普通的管道就可以同时输送原油和天然气。（仅铺设费就节省了近60亿美元）

**决策：第四方案。**

## 案例2 不变负担准则：日本节能小汽车

问题：20世纪70年代初石油危机爆发后，西方各国汽油价格上涨，汽车用户交通负担显著加重，导致汽车销量锐减，整个西方工业国家的汽车业面临严重的危机。如何应对这个危机？

已知信息：国民年收入10000美元，油价平均上涨4倍；汽车售价每辆5000美元，平均寿命5年；平均日耗油3加仑，涨价前每加仑汽油售价0.2美元。（全生命周期总成本）

## 石油涨价前、后的费用分析

费用	石油涨价前	石油涨价后
汽车费/年收入	$5000 \div 5 / 10000 = 10\%$	10%
汽油费/年收入	$365 \times 3 \times 0.2 / 10000 = 2.7\%$	$2.7\% \times 4 = 10.8\%$
合计：交通费/年收入	12.7%	20.8%
说明：国民年收入10000美元，油价平均上涨4倍；汽车售价每辆5000美元，平均寿命5年；平均日耗油3加仑，涨价前每加仑汽油售价0.2美元。		



**美国第三大汽车公司克莱斯頓公司**：继续生产耗油大的豪华型轿车。结果跌了跟头，几乎陷于倒闭。（可行性研究的反面教材）

**日本汽车公司**：采用不变负担准则，生产廉价而节能的轻型轿车，使得用户在石油涨价后所支付的交通费用仍能维持不变。具体措施：

### 1) 节省汽油

- 车体轻型化，可节油20%
- 采用电脑控制引擎工作，可节油10%
- 使用酒精与汽油混合的燃料，可节油10%
- 提高公路质量和改善交通管理

结果：

三项之和可节油40%，汽车耗油量从3加仑降到1.8加仑，全年汽油费占年收入的比例降低到6.5%，加上汽车费所占比例的10%，其和为16.5%，仍然超过涨价前的12.7%。因此，还必须从汽车的设计与制造方面设法降低成本。

## 2) 降低汽车造价

□ 采用工程塑料代替钢铁，不仅降低了汽车造价，而且减轻车体自重20%，从而节油20%，一举两得

- 改革生产工艺
- 提高劳动生产率等

**结果：**

**日本汽车轻巧实用，每辆汽车售价3000美元，耗油比美国车节省40%，成功占领了汽车市场。**

## 案例3 老厂改造的系统分析 略