

降低成本的最优化方法

邹 海

中国最优设计管理研究会

一九八四年十月

目 录

第一节 价值工程的产生与发展.....	1
一、什么是价值工程.....	1
二、价值分析.....	8
三、基本概念.....	12
四、成本构成.....	15
第二节 对象的选择.....	21
一、选择的一般原则.....	21
二、选择的定量方法.....	25
三、对象情报的收集.....	26
第三节 功能分析.....	28
一、功能定义.....	28
二、功能分类.....	28
三、功能整理.....	29
四、功能评价.....	33
第四节 选择最优方案.....	37
一、提出改进方案.....	37
二、方案的具体化.....	38
三、选出最优方案.....	38

四、试验、评价.....	4 0
实例 降低涂料配方的成本.....	4 1
实例 加农照相机.....	4 3

降低成本的最优化方法

— 价值工程 —

第一节 价值工程的产生与发展

一、什么是价值工程

远在公元前中国的医术已经有了很高的发展，特别是中外驰名的中医有着治疗丰富的经验和祖传的秘方——处方。

有病求医，医生诊脉及望诊等方法，进行确诊，然后根据病情，对症下药。

所谓下药就是医生选择药物，开出“处方”。不同的医术水平的中医所开的“处方”的治疗效果也不同，有的处方效果好，有的效果差，怎样才能够对症下药，即开出“最优处方”呢？

什么是最优处方？以最低的总药费能够达到必要地治疗效果的处方叫做最优处方。

一个处方有一定的治疗效果，也就是说它有一定的功能。药物的种类很多，有从植物、动物、矿物中取药，还有的从人工合成物中取得。我们怎样从上千种药物中，选取能达到处方功能要求的药物呢？根据中医保库中总结的，有以下三条。

一、疗效要高

一种疾病，往往有好多种药物都对它有治疗效果。为了加速治疗，应按着病情，选用治疗效果较好的药物。

二、毒性要低

多数药物均有不同程度的毒性反应。有些药物效果虽然好，但反应也严重。因此应选择作用稍弱而毒性较低的药物。

三、价廉易得

治疗时，吃药时间很重要，病轻时早用药易好，病重了再用药就

要拖长痊愈的时间。因此应该尽可能地采用容易获得、价格便宜，又确有一定治疗效果的药物。

例如 为治疗肩肘炎病，根据上述三条选药，给出处方。

什么是处方的功能？处方的作用和用途就是处方的功能。如一个处方能治肩肘炎病，这就是该处方的功能。

什么是处方的成本？配一个处方所花的总药费（包括看病的手续费）叫做处方的成本。

什么是处方的价值？如果有二个处方，其功能完全一样，而总药费不同。那么我们认为费用低的那个处方的价值高。因此处方的价值高低。是用功能和成本的相对比值来表示的。表示如下：

$$\text{价值} V = \frac{\text{功能}}{\text{成本}}$$

它是比较接近日常人们口语中价值的概念。也就是说花这么多的钱买这付药值不值得。我们总希望少花钱多办事，这就需要从大量的处方中选出价值最高的处方，即

$$\max V = \frac{\text{功能}}{\text{成本}}$$

什么是价值工程？就处方来讲，确诊，选择药物，开出最优处方的过程叫做药物价值工程。同样对不同的行业价值工程的具体含义也不相同。如产品的价值工程是指产品的功能和生产成本的相对比值来表示的，通过产品的功能分析生产出价值最高的产品，即“物美价廉”的产品的过程。

例如 治疗肩肘炎的处方有下列药物：

当 归	1 0 克
桂 枝	6 克
生白芍	8 克
纯姜黄	9 克
防 风	9 克
桑 枝	2 0 克
桔 梗	1 2 克
瓜 络	1 0 克
秦 艽	2 0 克

其中有发挥主要治疗作用的主药、辅助主药作用的佐药、矫正主药和佐药副作用的矫正药及赋予药物一定形状的赋形药。为了评价处方中每一位药物的作用大小，首先把处方的药物排列起来，然后按药物作用的重要程度作一对一的比较。重要一方得一分，次要一方记零分。再把各药物得分累计起来，再被全部药物得分的总数除，得到的商数叫做该药物的功能评价系数。功能评价系数最高的，说明这位药在各药物中是最重要的。功能评价系数小的，说明它是最不重要的。功能评价系数如下表：

(表见下页)

名称 比较结果	当 归	桂 枝	生 白 芍	纯 姜 黄	防 风	桑 枝	桔 梗	瓜 络	秦 芫	得 分	功能评价系数
当 归										A_1	$D_1 = \frac{A_1}{\sum_{i=1}^9 A_i}$
桂 枝										A_2	
生白芍										A_3	
纯姜黄										A_4	
防 风										A_5	
桑 枝										A_6	
桔 梗										A_7	
瓜 络										A_8	
秦 芫										A_9	
合 计										$\sum_{i=1}^9 A_i$	

功能评价系数求出后，再按着各个药物目前的费用，计算出各个药物在处方总药费中所占的比例。这个比值叫做该位药的成本系数。

$$\text{成本系数} = \frac{\text{药物目前成本}}{\text{处方总药费}}$$

处方中各位药物的功能评价系数（作用的重要程度）同其成本系数（在处方总药费中所占比重）之比值，叫做该药物的价值系数。

$$\text{价值系数} = \frac{\text{功能评价系数}}{\text{成本系数}}$$

为了进行分析评价，以便改进处方，列其分析评价表如下：

（详见下页表）

价值系数接近1时，表示其功能和成本相当，如果价值系数大于1时，表示成本偏低，但这并无必要提高成本，而要检查功能是否达到了，可以进一步完善功能。如果价值系数小于1时，表示成本偏高，应该降低。为此中医学积累了丰富的经验。如果某种药物没有了，中医师就选与该种药物功能相近的来代替。如果某种药物价钱太贵，可以根据就医者的要求选用也能治同样病的另一种价钱少的药物，达到治疗效果。

例如 普通蔬菜之一大蒜，药用其蒜头部分，因为大蒜中含有大蒜辣素，大蒜辣素具有较强的杀菌作用。

大蒜对于各种球菌、痢疾杆菌、伤寒杆菌、大肠杆菌等都有很强的抑制和杀灭作用。经过使用疗效很好，没有毒性。

现在有位患痢疾的患者，需要治疗。一时买不到大蒜，怎么办？那么根据中医多年的经验，可以选用马齿苋代用。

因为马齿苋是一种到处生长的野生植物，价钱比较便宜，容易找到。药用其根茎部分，含有多种维生素，治疗细菌性痢疾有效。虽然马齿苋没有大蒜的功能大，大蒜能杀灭多种病菌，但患者是治疗痢疾，

项目 名称	功能评 价系数	目 前 成 本	成 系 数	价 系 数	按评价系数分配		降低成 本指标	价值分析后 实际成本
					目前成本	目标成本		
结 果	(1)	(2)	$(8) = \frac{(2)}{\text{送药费}}$	$(4) = \frac{(1)}{(8)}$	$(5) = (1) \times \text{总药费}$	$(6) = (1) \times \text{总目标成本}$	$(7) = (2) - (6)$	(8)
当 归								
桂 枝								
生 白 芍								
纯 姜 黄								
防 风								
桑 枝								
桔 梗								
瓜 络								
秦 艽								
合 计								

所以用马齿苋这位药也就够用了。符合“对症下药”的要求。

综合上述归纳如下：

一、进行诊断，“确诊”。

中医师对患者进行综合诊断，确定病情。拟定治疗方案。

二、收集分析药物

中医师凭借多年的医疗经验和丰富的药物知识，把治疗疾病的药物尽量收集，选出若干能治疗该种疾病的药物，以便配方。

三、明确处方的价值目标

一般来讲衡量处方的好坏，主要有：疗效要高；毒性要低；价廉易得；有时根据患者身体状况，再拟有其他目标要求。

四、开出处方方案

根据治疗目标，从可能提供的药物范围内，结合患者的身体条件开出处方方案。列出该处方用了哪些位药，重量，价钱。

五、评价

首先接着处方计算每一位药的功能评价系数，成本系数，价值系数。

其次进行功能分析，主要步骤如下：

(一)、这是什么药？

(二)、这药的作用和副作用是什么？

(三)、它的价钱是多少？

(四)、治疗价值是多少？

(五)、有其他药物能治疗吗？

(六)、新的处方方案成本是多少？

(七)、新的处方能够满足要求吗？

如果满足

$$\max V = \frac{\text{功能}}{\text{成本}}$$

为所选的最优处方。否则从价值系数小于1的入手，选择新的药物，使成本降低，重复四、五步骤。直到选出最优处方为止。

药物价值工程的思想和方法，在中医治疗中应用很广泛，不但在选配最优处方方面有很大的实用价值，对提高医学理论方法有很好的指导意义。特别在试制新药的研究工作中，及提高常用药的质量，降低成本方面推广应用将会有显著效果。

另外这种方法用来解决原料代用品，提高产品性能，降低产品成本方面也很有用，二次世界大战期间，美国为了军事工业生产的原材料供应不足问题，发展并提出了价值分析的方法。在“石棉事件”中，用不燃烧纸代替石棉保证了军用飞机B-29的生产。后面将介绍这段过程。

二、价值分析

价值分析的思想方法从工业生产中的角度发展起来是二次世界大战期间的事。其发展经历了三个时期：产生期、发展期和推广期。

(一) 产生期

美国通用电气公司在二次大战中生产B-29轰炸机，由于战争使市场原材料供应不足，经常发生材料短缺，使生产造成很大困难。担任采购工作的设计工程师麦尔斯(L. D. Miles)，开始研究材料代用问题，效果比较显著。例如飞机上使用“石棉”，由于价格的上涨，货源又困难。怎么解决呢？麦尔斯针对石棉性能进行了研究。他提出，为什么要用石棉？其功能是什么？原来石棉的用途有二个，

一个是保持清洁，二个是防止着火。据此，麦尔斯认为用不燃烧的纸同样可以实现这二个功能。于是选用了不燃烧的纸代替石棉，不仅克服了材料短缺问题，而且实现了原来的二个功能，又价格比石棉还便宜。这件事影响较大，后来称为“石棉事件”。广为传颂。

产品设计出来，为了生产就需要备料，根据价值分析的思想，如果得不到所需要的材料，可以设法获得产品的功能。在购买某种物品时，首先要研究一下，这种物品是做什么的，其功能是什么？其他物品能否代替它？能否利用现有人力、物力、设备技术资源或其它途径获得同样功能？这些问题都获得了解决。

经过研究和应用，麦尔斯以价值分析为题，在一九四七年发表了这套方法和经验。

（二）发展期

通用电气公司开展价值分析活动的投资日增达八十万美元，而在前十七年就收益二亿多美元。由于推行价值分析的效果显著，引起了美国政府的重视，应用范围不断扩大，从研究开发、设计、生产直到经营管理的各个部门。后来应用的重点转到了研究开发和设计方面，并提出了价值工程的名称。一九五四年美海军在造船部门制订了推行价值工程的计划。

一九五八年美国防部要求所属军工部都制订价值工程计划。一九六四年政府各部门都进行了组织推广工作，效果显著，在联邦政府举办的项目中，每年大约节省数亿美元的投资。据统计，从1964至1972年间，美国防部由于推行价值工程活动所节约的金额超过10亿美元。如美国休斯飞机公司1978年有4000人参加了价值工程活动，提出改革提案3714件，平均每个提案节约31,786美元，年节

约额超过1亿美元。又如，五十年代美福特公司竞争不过美通用公司，通用公司的“雪弗莱”牌汽车使用过二年后，还可以售价高于“福特”牌汽车的价格卖出。为了赶上通用公司，福特公司的麦克纳马拉组织成了一个价值分析的班子。对通用公司的“雪弗莱”汽车作解剖分析，并实行价值分析奖。经过努力，终于赶上了通用公司。在美国参议院决议案中，曾经大量列举了价值工程的经济效果，呼吁各部门推广这套方法。

(三) 推广期

价值分析开始于研究解决产品生产中的原材料代用问题，产品功能分析，后来发展到改进设计、改进工艺、改进生产等。从规模上看，开始应用在单个零件、单个作业工序、组织管理系统的一个职能部门的改进，今后将逐扩大到部件、整机的改进，一个工程、一个系统的功能分析，进一步去解决一个工程的最优成本设计、一个系统工程的最优成本设计、组织管理体制的最优设置问题，其应用发展到各国。

近二十年来，特别是七十年代以来，世界各工业先进国家，都在采取措施迅速推广价值工程方法。西德、日本、北欧等国都有价值工程师协会。日本从一九六〇年开始推广价值工程，象搞质量管理一样大张旗鼓地干，并同传统的企业管理（IE）、质量管理（QC）相结合，成立三位一体的VIQ推进室。如日本的日立电气。在一九七四年经济不景气的情况下，提出倍增计划，要求把实行价值工程而节约的金额从每月12亿日元提高到每月25亿日元。一九七六年进行了全面推广，在产品设计、制造、采购、运输等方面都作价值分析工作，收到显著经济效益，使每月节约金额超过50亿日元。

价值工程不仅在发达的工业国家广泛应用，而且不少发展中国家也开始采用。如印度曾请美国专家来印度办价值工程训练班，对技术

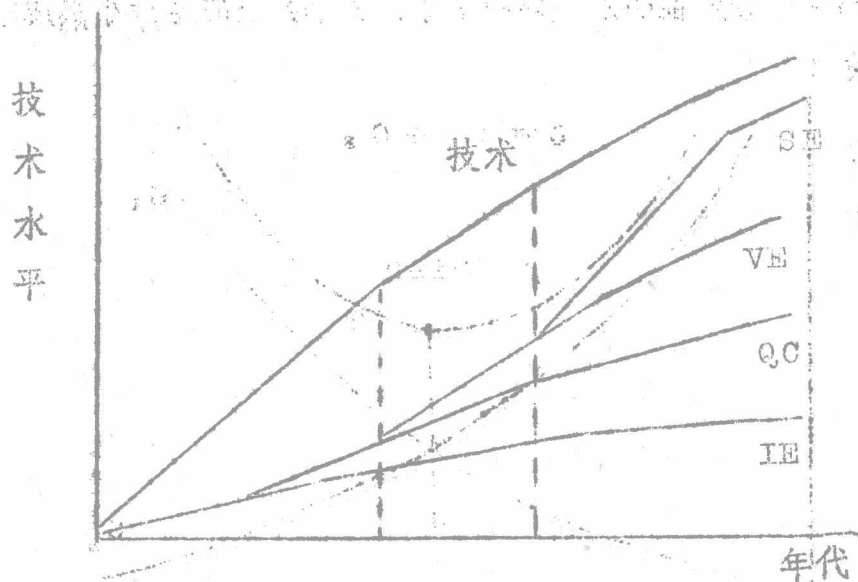
人员进行四、五十学时的价值工程教育，培养骨干队伍。

我国在中医诊断、治疗中很早就形成了这套思想方法，然而在工业生产中采用这套方法较晚。近年来为了加速“四化”，工业部门也广泛的采用，特别是北京市举行了价值工程的讲座，各企业部门、工厂开展了专题研究，取得了显著的经济效果。

总之，价值工程是一种行之有效的降低成本的科学方法，也是实现最优成本的最优化方法之一。它是在传统科学管理、质量管理及最优化技术的基础之上逐步发展起来的。是科学技术水平发展到一定阶段的产物。

例如，在军事系统工程中，从整体化观念出发提出一系列重要的指标：价值寿命、时间价值、效能/成本比等。这里的效能/成本就是本文中的价值工程中的价值概念。

价值工程与技术水平发展的关系，表示成下图：



技术与管理水平图

其中 SE —— 系统工程

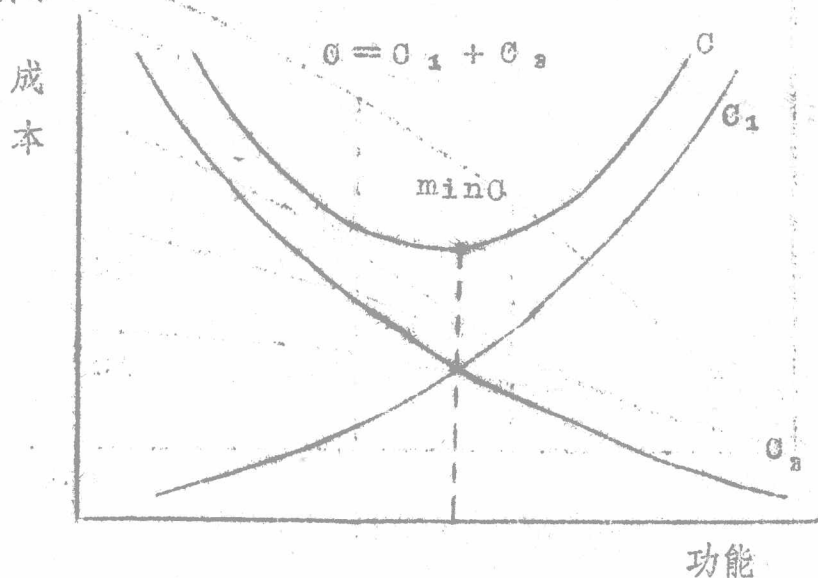
- VE —— 价值工程
- QC —— 质量管理
- IE —— 工业工程, 即企业管理。

上图说明了随着工业技术水平的提高, 各种管理方法也跟着发生和应用起来了。当生产技术水平较低时, 管理上主要采用工业工程, 今天的现代大工业, 是采用系统工程的管理方法了。

三、基本概念

总成本——指某个产品从研制、设计、生产到使用整个期间的费用, 也叫做寿命周期费用。使用期间的费用包括: 产品贮藏、运输、销售、维护等方面的费用。只有总成本降低了, 才能体现出经济效益。因为只是生产的成本降低了, 而使产品的质量有所下降, 维护费用提高, 所以就可能使产品的总成本提高了。人们期望的是最小总成本。

即下图所示:



其中 C —— 总成本

C_1 ——设计、生产成本

C_2 ——使用费用

功能——某个产品或零件（工序）在整体中的作用和用途，也叫做职能。

价值——指费用对功能的关系，如生产某种产品、从事某种劳务活动、购买某种物品等所花单位成本的钱能换来的功能是多少。

例如 以元为单位计算时，生产某种产品每元钱成本能得到满足用户需要的功能有多少。购买某种商品每元成本能买来功能是多少。总之，价值是功能与成本的比值。

“VA”——价值分析，是英文 Value Analysis 的缩写。

“VE”——价值工程，是英文 Value Engineering 的缩写。价值工程的定义。在工业生产中，常使用这样的表述：“价值工程是以最低的总成本可靠地实现产品的必要功能，着重于功能分析的有组织的努力。”

其定义中包含以下三个内容：

- (一) 目标是以最低的总成本获得产品或服务的必要功能；
- (二) 价值工程是一种有组织的努力；
- (三) 价值工程的核心是对产品或服务进行功能分析。

四、成本构成

成本准确的计算是很重要的，不同的对象成本的计算方法也不同。如产品的成本、服务工作的成本、某管理机构的费用，完全有不同的成本计算方法。下面给出产品成本构成表。

售 价	销 售	制 造 成 本	材 料 费		直接 費用	
			加 工 费			
			制 造 费	辅 料		间 接 费 用
				间接人工		
				其他費用		
	成 本	推销費用				
		管理費用				
	利 润					

成本构成表

根据成本构成表，进一步分析产品寿命周期成本及其影响，如下图所示：

(图请详见下页)