

产品寿命周期费用 评价法

廖祖仁 傅崇伦 编著

国防工业出版社

(京) 新登字106号

内 容 简 介

本书介绍了寿命周期费用评价法的基本内容。它包括系统效能指标、寿命周期费用指标、权衡分析、费用设计、费用与可靠性最优化、寿命周期费用管理、寿命周期费用评价法的运用实例等。这些产品评价投资经济性的新方法正受到人们的重视。

本书广泛收集了国内外近期的有关成果，融技术、经济和管理知识于一体，提供了为获得产品最佳综合经济效益在其寿命周期各阶段活动的实用指南。其内容新颖，有一定的理论深度及较强的实用性，并附若干成功的实例。

本书既可供从事各类产品开发、设计、研制、采购、应用、保障的工程技术人员、管理人员和各级决策人员使用，也可供各高校理工类及管理专业的师生参考。

产品寿命周期费用评价法

廖祖仁 傅崇伦 编著

*

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路23号)

(邮政编码 100044)

新华书店经售

北京昌平长城印刷厂印装

*

850×1168毫米 32开本 印张10⁷/₈ 284千字
1993年3月第一版 1993年3月第一次印刷 印数：0001—5000册

ISBN 7-118-00986-5/F·55 定价：10.70元

序

产品寿命周期费用评价法是一种以提高企业经营的经济性和确保用户利益为目标的新近决策方法。这一决策方法在美、日等国进入实用化迄今也不过 20 多年，但其巨大作用和深远影响已为实践所证实。它在我国才刚刚起步，尚无专著可资参阅。

本书系统地介绍了寿命周期费用评价法的基本内容，广集国内外近期成果，融经济、技术和管理知识于一体，理论与实践相结合，为读者提供了为获得各类产品最佳经济效益在其寿命周期各阶段活动的实用指南。

在节能、节省资源成为社会性课题，在经济效益关系到企业生存和发展的今天，在武器装备的采购和使用经费受到限制的和平时期，应用寿命周期费用评价法是武器装备和耐用性商品采购的必由之路。

我们相信，本书问世后，一定会受到广大读者的欢迎、爱护和帮助，使她更加完善，日臻成熟。我们相信，在“以我为主，博采众长，融合提炼，自成一家”方针的指导下，将在一个不太长的时间内，通过我们的努力探索和大胆实践，一定会使寿命周期费用评价法在我国社会主义经济建设中作出更大的贡献。

肖殿川 陆俊英

1989.9.

前 言

以往我们在购置任何产品（含元器件、部件、设备及系统）时，往往主要着眼于如何使采购费便宜些。然而，各国的大量事实证明，固定资产的维持费（使用费、维修及保障费、动力费等）常常会远远超过采购费。许多种产品的维持费高达其采购费的10~100倍。因此，国外已建立一种新的采购观念，就是在设置固定资产时，既要考虑到采购费，也要考虑到使用固定资产全过程的费用（即寿命周期费用）。这种对有形固定资产的新兴决策方法，就是寿命周期费用评价法。

对固定资产的寿命周期费用进行评价并作出决策的方法，是一种以提高企业经营的经济性和确保企业利益为目标的决策方法。

寿命周期费用评价法是一种根本不同于过去惯用的决策方法，其要点如下：

（1）选择产品（广义的有形固定资产）时，将采购费和维持费统一地考虑。据此以达到总费用最低的目标。

（2）在研制产品的开始阶段就进行寿命周期费用的研究。据此可以更加主动地进行最经济的设计。

（3）设计时把寿命周期费用作为设计参数加以运用（费用设计）。据此实现“允许的成本”，费用不是产品满足其它设计指标后的“被动”的结果，而是按预定费用计划实现的指标。

（4）进行充分的权衡。据此获得最佳的改进方案。

寿命周期费用评价法在本世纪60年代后期美国国防部率先使用，并逐渐推广到民用工业部门，到70年代开始跨入实用化时代。在美国，武器系统的平均费用每10年增加4倍，而电子设备子系统的平均费用每10年增加9倍。产品“买得起、用不

起”的现象经常发生。在研制和采购一些重大项目（如空中交通管制系统、飞机、军用坦克、载重汽车等系统）时，势必要考虑其寿命周期费用。把降低寿命周期费用的目标放在甚至比达到最好的系统性能更加重要的地位。

我国现在可算是处于寿命周期费用评价法的准备阶段。迄今为止，我国还无一本论述寿命周期费用评价法的专著。到底这种新的决策方法具有何种魅力、如何具体运用，最好还是请读者阅读本书。

撰写本书的目的是系统地介绍寿命周期费用评价法的基本内容、思想和方法，以期对生产和使用单位的有关工作起到一定的指导作用。为此，综合了大量国内外文献及实例资料，并尽量使之适合我国的实际情况。

寿命周期费用评价法在美国、日本已经起到的作用是：

- （1）用户购买产品时的着眼点发生了变化。
- （2）不接受寿命周期费用评价法的制造厂家，逐渐丧失了竞争能力。
- （3）在制定产品计划和销售政策时，已逐渐把寿命周期费用作为必须考虑的重要因素。

在节能和节省资源成为世界性课题、经济效益关系到企业生存和发展的今天，寿命周期费用评价法可使有限的资源得到充分利用，为保证企业和消费者的利益做出贡献。

我们希望本书除作为设计人员从事现代化设计的重要参考书外，还能作为从事经营管理、决策的各级人员，产品规划、销售规划、成本规划的有关人员以及采购人员学习这种评价法的基本资料，并用作购置新系统时的指南。

本书由军用电子装备可靠性信息网和空军第三研究所主编，杭州电子工业学院俞正明副教授审阅。在本书的编著过程中，始终得到海军肖殿川、总参装备部时一中和王振中、国防科工委殷鹤龄、空军司令部科研部高文豪、空军第三研究所陆俊英等同志的指导和支持，在此谨表谢意。

目 录

第一章	概论	1
§ 1-1	产品的寿命周期	1
§ 1-2	产品的寿命周期费用	2
§ 1-3	产品寿命周期费用评价法	4
§ 1-4	实施寿命周期费用评价法的一般步骤	7
§ 1-5	寿命周期费用评价法的运用	10
§ 1-6	费用效益	11
§ 1-7	试评方案用的固定费用法和固定效能法	13
§ 1-8	货币的时间价值	15
第二章	系统效能指标	20
§ 2-1	不同投资目的的系统效能项目	20
§ 2-2	各种系统的系统效能指标	21
§ 2-3	系统效能模型	23
§ 2-4	系统效能最优化	43
§ 2-5	系统效能子模型	45
§ 2-6	我国某型飞机效能模型及计算例	70
第三章	寿命周期费用指标	76
§ 3-1	概述	76
§ 3-2	寿命周期费用的构成体系	81
§ 3-3	寿命周期费用模型	85
§ 3-4	寿命周期费用分类结构	96
§ 3-5	费用估算关系式	99
§ 3-6	费用分析的一般问题	111
§ 3-7	某些费用项目分别估算方法	117
§ 3-8	估计费用关系的多元回归分析	136
§ 3-9	费用的经验曲线的运用	143
§ 3-10	费用灵敏度分析	145

§ 3-11	电子测量仪器的寿命周期费用核算	152
第四章	权衡分析	156
§ 4-1	概述	156
§ 4-2	可靠性—可用度—维修性权衡	159
§ 4-3	可靠性—费用权衡	174
§ 4-4	权衡研究	179
§ 4-5	寿命周期费用权衡的输入变量	194
§ 4-6	权衡设计方法	196
第五章	费用设计	199
§ 5-1	概述	199
§ 5-2	费用和可靠性指标的确定	201
§ 5-3	实现规定的费用和可靠性指标的方法	213
§ 5-4	最佳可靠性投资模型的应用	222
第六章	费用与可靠性最优化	227
§ 6-1	可靠度最优分配	227
§ 6-2	冗余系统最优化	234
§ 6-3	具有两种失效模式部件冗余结构的可靠性优化	244
§ 6-4	机械零部件费用与可靠性最优化	248
§ 6-5	最优维修策略	250
第七章	寿命周期费用管理	261
§ 7-1	寿命周期费用方案	261
§ 7-2	产品质量保证协议	264
§ 7-3	寿命周期费用验证	272
§ 7-4	寿命周期费用资料的收集和使用方法	274
§ 7-5	确定寿命周期费用估计值的通用步骤	285
§ 7-6	寿命周期费用评价法和传统投资计算法的比较	292
第八章	寿命周期费用评价法的运用实例	295
§ 8-1	可靠性规划对寿命周期费用影响的典型示例	295
§ 8-2	寿命周期费用估算的典型示例	299
§ 8-3	费用及系统效能分析的典型示例	306
§ 8-4	寿命周期费用验证试验在军用电台上的运用示例	311
§ 8-5	个别投资计划的寿命周期费用评价法示例	312

VI

§ 8-6 运用“宏观费用模型”的寿命周期费用评价法示例	321
附录 防务系统寿命周期费用模型	328
附录 1 系统级论证与研制费用输入工作单(论证与研制费用 输入)	328
附录 2 系统级生产费用输入工作单(生产费用输入)	332
附录 3 使用和保障费用输入工作单(使用和保障费用输入)	336
参考文献	338

第一章 概 论

§ 1-1 产品的寿命周期

元件、器件、部件、设备及系统都可称为产品。

产品的寿命周期，是指从调查、构思、设计开始，经过试制、制造、销售、长期使用，直至报废或被其它产品所代替为止所经历的整个时期，亦即产品的“一生”。

从设计人员接受用户的要求并着手进行产品研制开始，到企业正式生产出产品结束，可视为产品的“前半生”。当用户购入产品，经安装后投入使用，就开始了产品的“后半生”。中间经过维护、保养、损坏、修理和长期使用，直到由于物理磨损失去其固有功能而报废，或由于无形磨损导致若继续使用在经济上不合算而被新的产品所代替为止，产品的“后半生”才告结束。一般而言，产品的“后半生”远比“前半生”长得多。

在我国国家标准 GB6992—86《可靠性与维修性管理》中，将产品的寿命周期划分为以下五个阶段：概念与定义；设计与研制；制造与安装；使用与维护；处理。

在概念及定义阶段，要确定对产品的需要，并通常以生产方与使用方一致同意的产品规范形式规定其基本要求。

在设计与研制阶段，将研制出能完成产品规范所规定功能的产品硬件和软件。这一阶段通常包括样机（品）的装配和在实验室模拟条件下或实际现场试用条件下的试验，并制订出详细的制造规范与使用、维护说明书。

在制造与安装阶段，将由设计转入生产。在特定场所的安装，也可认为是制造过程的延伸。这个阶段一般以产品提交用户之前的接收试验来结束。

在使用与维护阶段，应对产品在其寿命期内进行贮存、运输、使用、维护、修理，并对产品性能进行监测。由于维修费用不断增加或其它因素，使产品的使用已变得不经济，或者产品在技术上已变得陈旧，此时产品的有效寿命即终止。

在处理阶段，因产品已到达其有效寿命的终点，或者已不能满足使用要求，此时应对其进行处理；若经济上允许，应予更新。

§ 1-2 产品的寿命周期费用

产品在其寿命周期（即“一生”）中所耗费的费用总和（即总费用）称为产品的寿命周期费用（Life Cycle Cost；缩写为LCC）。概略地说，它包括采购费用（或投资额、原始费用、购置费用、制造费用）和使用费用（或维持费用）。产品“前半生”所支出的费用就是产品的制造费用。若产品是购买的，则表现为用户的采购费（并含运输费、安装费等）；若产品是自己研制的，则包括调研、设计、制造、安装、调试等阶段的各种费用。产品在“后半生”所耗费的经常性开支就是使用费用，它一般包括操作人员工资、能源消耗费、保养维修费、运输费、事故停产损失费等。

寿命周期费用（LCC）简单的数学表达式为

$$LCC = AC + SUC \quad (1.1)$$

式中 AC——采购费用；

SUC ——系统使用费用。

国际上迄今尚无寿命周期费用的公认的、统一的定义，这里只介绍可供参考的一些定义。

美国国家预算局定义寿命周期费用为：“大型系统在预定有效期内发生的直接、间接、重复性、一次性及其它有关的费用。它是设计、开发、制造、使用、维修、支援等过程中发生的费用，以及预算中所列入的必然发生的费用的总和。”

美国国防部定义系统的寿命周期费用为：“政府为了设置和获得系统以及系统一生所消耗的总费用，其中包括开发、设置、

使用、后勤支援和报废等费用”。

美国布兰查德 (Blanchard) 教授认为“寿命周期费用是指系统和产品在确定的寿命周期内的总费用，其中包括如下费用：研究开发费、制造安装费、运行维修费、报废回收费”。

由上述可见，寿命周期费用包括了生产者和消费者（使用者）直接经手的所有费用。

寿命周期费用中的几种主要成分及其分布示例，如图 1-1 所示。

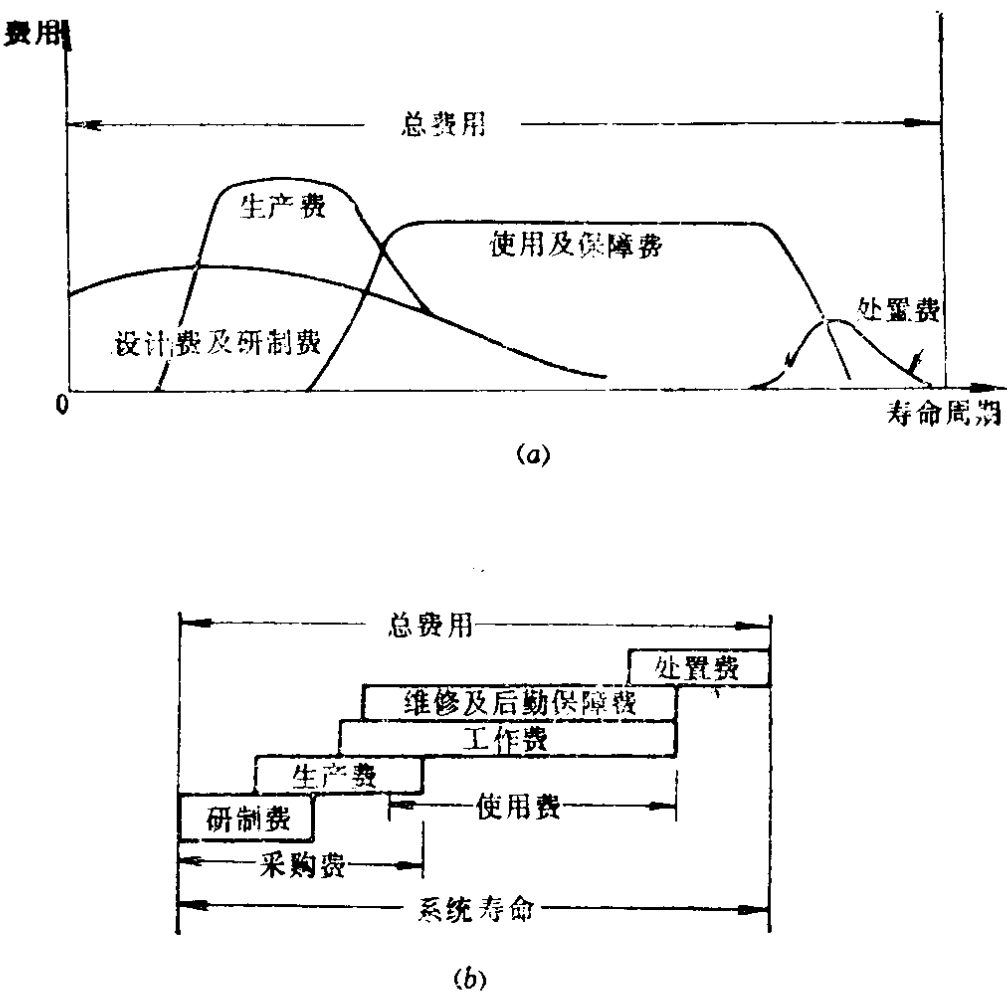


图1-1 寿命周期费用的几种主要成分及其分布
(a) 几种主要成分的分布； (b) 几种主要成分的关系。

图 1-1 中的设计及研制费用通常包括基本的工程、试验及系统的管理费用；生产费用包括器材、劳力、管理、装卸、运输及杂费等；使用及保障费用包括补给线的初始备件及更换、设备维

修、进货及供应管理、支援设备、人员培训、技术数据或文件及后勤管理等费用；处置费用包括对系统进行处置的全部费用。

一般机、电、建筑等耐用性产品的使用费远高于其采购费。据国外统计，小汽车在 10 年内的使用费就可达到采购费的 2.5 倍，而建筑物的使用费高达采购费的 7 倍以上；美国政府于 1950 年所进行的调查表明，不少产品在 5 年内的使用费达到其采购费的 10 倍以上；有的产品，其使用费为采购费的 10~100 倍；据美国空军统计，在 50 年代装备的使用费与采购费之比为 3：7，而到 1968、1977 年，其比值分别变为 5：5、6：4；1961 年美国国防部的报告中指出，军用装备的维修费在预算中已占 25% 以上；近年美国空军的军用装备的维修费已达整个预算的 1 / 3；据统计，常用的家用电器的使用费为其购置费的 1~4 倍，如表 1-1 所示。

表1-1 家用电器LCC一例

产品名称	购置费 (\$)	使用费 (\$)	寿命周期费用 (\$)	使用费/购置费
空气调节器	200	465	665	2.3
洗碗机	245	372	617	1.5
冰箱	165	628	793	3.8
煤气灶	180	150	330	0.9
冷藏库	230	561	791	2.5
黑白电视机	200	305	505	1.5
彩色电视机	560	526	1086	0.9
洗衣机	235	617	852	2.6
电子灶	175	591	766	3.4

顺便指出，寿命周期费用还可称为全寿命费用（Whole—Life Cost）、在役费用（Mission Cost）等。

§ 1-3 产品寿命周期费用评价法

布兰查德教授认为寿命周期费用评价法（或寿命周期费用分析）是“系统的分析方法，它是为了选择有限资源的最佳使用方

法，是评价各种方案所必须进行的”。即是说，它是“用来对系统设计构型、生产计划、后勤支援方针等方面可供选择的方案进行评价，以寿命周期费用效益大小为标准，逐步加以分析，使提出的方案获得最佳的费用效益的一种方法”。

日本寿命周期费用委员会对寿命周期费用评价法的定义是：

“为了使用户所用的系统具有经济的寿命周期费用，在系统的开发研制阶段将寿命周期费用作为设计的参数，而在对系统进行彻底的分析比较时作出决策的一种方法”。

寿命周期费用评价法，来源于费用效益分析(Cost—Benefit Analysis；缩写为CBA)。自1936年美国的治水法案开始采用这种方法以来，逐步推广用于各个领域，至1950年已全面推行，后又被国防系统及宇航系统采用，作为复杂系统对比方案的经济性评价方法，并逐步改称为费用效益分析(Cost—Effectiveness Analysis；缩写为CEA)。

在1960~1965年间，美国国防部委托后勤管理研究所进行寿命周期费用研究。从那时起，开始使用寿命周期费用评价法(Life Cycle Costing)这个词。寿命周期费用评价法也可看成是费用效益分析的进一步发展。1964年，美国国防部颁发的第4100·35号指令《综合后勤保障》，应用寿命周期评价法，解决了轮胎补给问题。1970年，美国国防部正式发布了LCC—1《设备的寿命周期费用》及LCC—2《设置设备时寿命周期费用计算案例书》。将这两份文件结合起来形成了“费用设计”(Design to Cost)的概念。美国海军也在1970年出版了《经济分析手册》，在1975年的修订版中，进一步发展了以效能/费用分析为基础，包括敏感度分析及处理通货膨胀等方面的内容在内的寿命周期费用评价法。

美国总统对1975年以后国家新建的大楼提出了节能45%的目标。在美国，高度重视将寿命周期费用评价法用于建筑物的分析中。例如，在内布拉斯加(Nebraska)州，对超过5万美元的州属建筑物，以法律规定必须提出寿命周期费用的评价。

美国推行寿命周期费用评价法，是1970年从国防部门开始，

并逐步在水源开发、道路规划、交通事故预防、城市规划、土地利用、机场规划、卫生保健、文化教育及民间企业等领域广泛应用。

日本于 70 年代后期从美国引进了寿命周期费用评价法。国防部门（如防卫厅）、政府机构（如建设省）、民间的日本设备工程师协会寿命周期费用委员会等，都对寿命周期费用评价法进行了深入研究，发表了不少研究成果。

寿命周期费用评价法之所以能在美、日等国得到重视，不仅是由于世界上出现了节约资源的发展趋势，而且是因为寿命周期费用评价法是涉及各种资源的最有效利用的分析方法，无论是军用、民用或公共事业部门，他们在资金、技术、人员等条件的约束下，都面临着在多个可供选择的方案中如何选优的决策问题。寿命周期费用评价法正是实现优化决策的有力手段。该方法在产品的使用目的和设计指标初步确定后，计算出系统效能和寿命周期费用，通过费用效率 = 系统效能 / 寿命周期费用这一公式，进行系统效能（产出或所得）与寿命周期费用（投入或所费）之间的权衡，也在采购费和使用费之间进行权衡，以期寻求最佳方案。

寿命周期费用评价法这种新的决策方法的目标是使产品在其寿命期各阶段的费用分配（或预定）更为合理。为使该评价法真正发挥作用，要充分理解其要点，研究实施办法。与过去的概念及工作方法相比，寿命周期费用评价法的主要特点是：

（1）当选择产品时，不仅考虑采购费，还要将全部费用加以研究。

（2）在产品开发的初期就考虑寿命周期费用。

（3）进行“费用设计”，将寿命周期费用同性能、重量、体积、可靠性、维修性等一样作为产品设计的参数。

（4）对采购费和使用费，系统效能和寿命周期费用进行权衡。

（5）为了更好地进行权衡，要考虑多种方案，以便从中选

取最佳方案。

(6) 要准备好可以有效地利用的费用数据库。

该评价法的成果，在很大程度上取决于以上各主要条件的满足程度。

由美国国防部、政府机关、地方公共机关、民间产业界推行寿命周期费用评价法以来，已对产业界及国民生活产生了以下的影响：

(1) 改变了用户购买产品时只考虑商品本身销售价格的态度。

(2) 对寿命周期费用不加说明的生产厂已难于参加竞争。

(3) 由于市场销售产品也靠寿命周期费用来进行竞争，因而产品计划和销售策略也不得不借助于寿命周期费用。

寿命周期费用评价法是不同类别、不同规模的单位均可适用的重要工具，它应成为企业经营人员的常识。在节约资源、节约能源已成为全球性重大问题的今天，为了国家和企业的发展、为了消费者的利益，必须认真推行这一评价法。

§ 1-4 实施寿命周期费用评价法的一般步骤

实施寿命周期费用评价法的步骤随具体对象有所不同，其一般步骤如下。

一、明确产品（对象）的任务

必须确定产品应满足的性能要求。该产品的任务必须从定量的方式加以明确。否则，以后制订的方案就可能与任务不相适应，或在选择方案时产生片面性。

二、列出可以完成任务的多种方案

除只有一个方案使我们无选择的余地外，应该考虑提出几个可供选择的方案。这一步骤为今后由多种方案中选出可完成任务且经济性最好的方案作准备。这时应掌握各种可能的方案的特征及使产品获得预定效果所需的费用概算。

三、明确系统的评价要素及其定量化的方法

寿命周期费用评价法最终要根据系统效能和寿命周期费用两方面来进行评价。因此，效能和费用各应考虑哪些要素，用何种方法加以量化，这是非常重要的。一般而言，费用的量化比之效能的量化容易，因为各种费用要素的计算方法已有或可建数学模型，有关数据也可收集。而对于系统效能，因一般系统的评价要素不止一个。例如，机动车的速度无疑是最重要的效能要素，然而，人要乘坐它并进行操纵，因此，也不能忽视其操纵性及安全性。再如，要求战斗机能随时根据需从基地起飞并迅速准确地接近敌机；具有强大的攻击力，自身被敌机击落的可能性低等等。基于上述要求，它的速度、重量便显得十分重要。关于飞机效能及其量化，在§ 2-6 将进一步说明。

四、评价方案

这一步骤可分为如下四步进行：

（一）“粗筛选”

以上述评价要素中针对特定产品而言的最重要的评价要素为依据，对各种方案进行一次评价，将评价显然不高的方案排除。这种“粗筛选”之所以重要，是因为在初期要对效能显然很低的方案进行详细研究是很不经济的。

（二）对经“粗筛选”剩下的方案进行效能和费用的详细估算

在这一步骤中，除了运用机械、电子、物理、化学等固有技术外，必须综合运用可靠性和维修性工程、人机工程学、工业管理学、运筹学、成本估算等等管理技术。此外，为能迅速而有效地估算费用，应将“费用数据系统”准备齐全，使之便于查取。

（三）进行试评

用固定费用法 (Fixed Cost Approach) 或固定效能法 (Fixed Effectiveness Approach) 进行试评。前者是指将费用值固定下来，再选出能获得最佳效能方案的方法；而后者则是指将效能值固定下来，再选取能达到这一效能而所需费用最低的

方案。

各种方案都可用这两种方法进行试评。如果要根据规定的预算费用选出某一产品效果最佳的方案，可采用固定费用法；而如果要开发一个供应数千名职工的供电系统，可在完成供电任务的前提下选用费用最低的方案，这就是固定效能法。根据具体产品的不同，有的仅需采用这两种试评法之一即可，有的则需两种方法同时采用。

（四）经详细比较后选出最佳方案

从效能和费用两个方面对各方案进行详细比较，从而选出最佳方案。常见以下几种情况：

（1）当某方案从效能和费用两方面看都是最优者，自然要选取该方案。

（2）如方案效能相同，费用也差别不大时，则可通过分析定性因素来择优选取。

（3）当不存在各方面皆优的方案时，要以与产品预期功能关系大的因素为依据来分析。

五、将分析结果及其过程整理成书面材料

经上述分析后，应抓住要点，将分析的目的、前提、使用的数据、假设及推定的条件、分析的过程和结论等整理成书面材料。书面材料一方面作为报告书提出，另一方面也作为今后研究的重要资料加以保存。

寿命周期费用评价的最终结果是提出的书面材料，但是，评价过程中所曾使用过的各种资料、运算方法，以及不采用的各种方案等，也保存起来。因为现在所选取的最佳方案是在给定的条件下的“最佳”，若以后某些条件发生变化，现在未采用的方案以后也许有用，因此，对不采用的有关方案，也应说明其未被采用的理由和条件。

在实际工作中，并非按上述五个步骤进行一遍就一定能完成产品评价。例如，有时在步骤三中明确评价要素时，也许还要对步骤一的任务再进行研究；在步骤四的评价阶段，常又需再回到