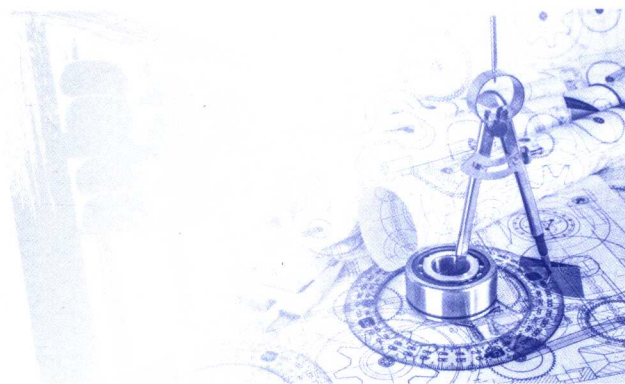


面向设计的产品生命周期 成本控制研究

Research on Product Life Cycle Cost Control for Design

◎ 程晓娟 著



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

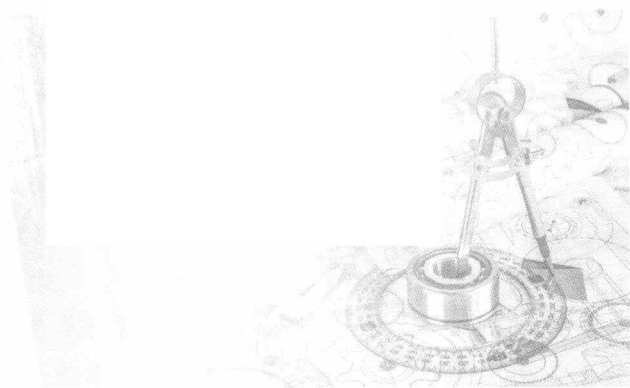
◎ 湖南省教育厅优秀青年项目资助 (16B144)

◎ 本书由湖南商学院学术著作出版基金资助出版

面向设计的产品生命周期 成本控制研究

Research on Product Life Cycle Cost Control for Design

◎ 程晓娟 著



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

图书在版编目 (CIP) 数据

面向设计的产品生命周期成本控制研究 / 程晓娟著. —西安: 西安交通大学出版社, 2017.3

ISBN 978-7-5605-9496-5

I. ①面… II. ①程… III. ①产品生命周期—成本控制—研究
IV. ①F273.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 052982 号

书 名 面向设计的产品生命周期成本控制研究
著 者 程晓娟
责任编辑 魏 杰 贺彦峰

出版发行 西安交通大学出版社
(西安市兴庆南路 10 号 邮政编码 710049)
网 址 <http://www.xjtupress.com>
电 话 (029) 82668357 82667874 (发行中心)
(029) 82668315 (总编办)
传 真 (029) 82668280
印 刷 长沙市宏发印刷有限公司

开 本 880mm×1230mm 1/32 印张 6.5 字数 157 千字
版次印次 2017 年 3 月第 1 版 2017 年 3 月第 1 次印刷
书 号 978-7-5605-9496-5
定 价 58.00 元

读者购书、书店添货、如发现印装质量问题, 请与本社发行中心联系、调换。

版权所有, 侵权必究

前 言

.....

随着技术进步、市场竞争和社会经济环境的变迁,产品生命周期缩短、买方势力增强以及用户使用维护成本比重增加,偏重于生产成本的传统成本管理理论已经无法满足现代企业成本控制的需求,产品全生命周期成本的优化成为现代企业成本管理与控制的必然选择。而研究表明,产品生命周期成本的70%以上由设计阶段决定,因此,设计阶段是实现产品全生命周期成本优化控制的最佳时机。基于此,本书在国内外相关理论研究成果的基础上,结合工学和会计学成本控制理论与方法,对面向设计阶段的机械产品生命周期成本控制问题进行系统研究。具体而言,本书的主要工作包括以下几个方面。

(1) 构建了适用于产品设计早期阶段的产品生命周期成本估算模型。针对参数法和神经网络成本估算模型的缺陷,将主成分分析与参数回归模型结合,利用GA优化BP神经网络阈值和权值,构建了基于主成分回归和基于GA-BP神经网络的生命周期成本估算模型。最后以某企业混凝土泵车为例,验证了模型的有效性。

(2) 研究了设计参数为确定性情形时的产品生命周期成本

控制问题。借鉴美军提出的“以费用为独立变量 (CAIV)”的武器装备采办的思想,构建了基于 CAIV 的费效权衡模型,将费用和效能都作为约束条件对产品设计关键性能参数进行优化,通过产品生命周期成本、效能与关键设计参数三者之间的权衡,确保最终产品设计方案在满足性能需求的基础上实现产品生命周期成本的优化控制。最后以某企业混凝土泵车为例,对该方法进行了应用。

(3) 研究了设计参数为随机情形时的产品生命周期成本控制问题。针对产品设计、生产实际过程中各种不确定性因素的影响导致产品设计方案费效权衡结果可能出现偏差的问题,提出将不确定优化理论引入产品设计方案费效权衡中。将受不确定性因素影响的敏感性参数以及费用估算的偏差描述为随机变量,构建了费效权衡随机规划模型,并采用嵌入蒙特卡洛模拟的遗传算法求解,得到不确定条件下最优产品设计方案。该产品设计方案更能反映生产实际,可以确保在不确定条件下最大限度地实现产品全生命周期成本目标的有效控制。最后以某企业混凝土泵车为例,对该方法进行了应用。

(4) 研究了个性化定制条件下用户对设计参数具有不同约束程度时产品生命周期成本控制问题。依据约束层次理论基本原理,按照用户对产品设计参数属性的必需性程度,将设计参数属性分为硬约束和软约束;采用模糊偏好关系矩阵确定软约束层的权重,构建了产品设计方案综合偏离度评价模型。通过该模型可以在满足用户个性化定制需求的基础上实现产品生命周期成本的控制。最后以某企业混凝土泵车为例,对该方法进行了应用。

目 录

第 1 章 绪 论	(1)
1.1 选题背景与研究意义	(1)
1.2 国内外研究现状	(4)
1.3 本书主要研究内容与结构	(16)
第 2 章 理论基础	(20)
2.1 产品生命周期成本理论概述	(20)
2.2 成本估算方法	(23)
2.3 设计阶段成本控制理论与方法	(30)
第 3 章 面向设计的产品生命周期成本估算模型	(36)
3.1 生命周期成本估算相关因素分析	(37)
3.2 影响生命周期成本的产品设计参数的确定	(41)
3.3 产品生命周期成本估算模型的构建	(46)
3.4 实例分析	(59)
3.5 本章小结	(68)

第 4 章 设计参数确定条件下的产品生命周期成本控制	
.....	(69)
4.1 基于 CAIV 费效权衡的基本模型	(69)
4.2 基于 CAIV 费效权衡的产品生命周期成本控制	(75)
4.3 实例分析	(83)
4.4 本章小结	(93)
第 5 章 设计参数随机条件下的产品生命周期成本控制	
.....	(94)
5.1 CAIV 费效权衡模型中的不确定性分析	(95)
5.2 考虑不确定性的费效权衡模型	(99)
5.3 基于费效权衡随机规划模型的生命周期成本控制	
.....	(108)
5.4 实例分析	(115)
5.5 本章小结	(123)
第 6 章 设计参数分层约束条件下的产品生命周期成本控制 ...	
.....	(124)
6.1 约束层次理论与模糊偏好	(125)
6.2 基于约束层次的产品生命周期成本控制	(136)
6.3 实例分析	(146)
6.4 本章小结	(153)
第 7 章 结论与展望	(154)
7.1 本书主要工作和创新点	(155)

7.2 研究展望	(156)
参考文献	(158)
附 录	(180)
后 记	(198)

第1章

绪 论

.....

1.1 选题背景与研究意义

在全球市场的激烈竞争中，如何持续保持产品竞争优势是当前企业面临的紧迫而现实的问题。成本作为影响产品市场竞争能力的四大要素之一，一直被视为企业获取竞争优势的重要来源。近年来，伴随科技的进步及计算机辅助制造技术、网络技术的迅猛发展，产品市场生命周期逐渐缩短，而使用寿命周期逐渐延长，企业的成本结构也随之发生了重大变化，只局限于生产制造过程的传统成本管理方法已不再适应新形势的需求。而且随着买方市场力量的显著增强和全社会环保健康理念的渗透，产品的价格和功能不再是用户购买行为的决定性因素，产品的运行、维护成本，甚至报废处置成本也逐渐成为用户关注的重点，全生命周期成本最低成为影响用户购买决策的重要因素。因此企业要想在激烈市场竞争中立于不败之地，必须超越企业界限，立足于产品全生命周期进行成本控制和优化，使产品的全生命周期成本最小，进而提升企业的战略地位

和竞争优势。

随着高新技术的迅猛发展,产品中科技含量大幅增加,产品使用寿命不断延长,用户支付的使用成本也在不断增长,使用维护成本在产品全生命周期成本中所占的比重越来越高。据统计,常用家用电器的使用成本为其购置成本的1~4倍;对于复杂的机械产品而言,在整个产品生命周期成本构成中,使用维护成本的比重占到了60%~70%,甚至更多。然而传统的成本控制的基本立足点是生产,偏重于产品生产(制造)成本的降低,忽视了企业成本与市场的对接,对产品形成后的用户使用、维护成本重视不足。由此可见,传统成本控制方法的范围太过狭窄,限制了企业产品成本降低的空间。因此,立足于全生命周期视角的成本控制问题成为许多学者关注的热点。

事实上,产品设计阶段决定了产品成本的绝大部分。设计阶段决定了产品后续的生产、使用等环节的具体耗费。设计阶段对产品成本的这种决定性影响随着产品生命周期进程的延续不断放大,越是接近产品生命周期的末期,影响越显著。据相关研究表明,尽管产品设计费用只占产品生命周期成本的5%,却决定了产品成本的60%~70%;更有研究认为产品生命周期成本的85%左右由设计阶段决定,当产品进入生产阶段,95%的成本就相应地确定下来,如图1-1所示。这就表明产品的设计工作一旦完成,产品的大部分成本就已经被锁定,生产者依靠后续产品加工制造阶段采取的控制成本的一系列措施来降低成本将变得非常困难。而且,随着产品生命周期进程的推进,降低成本的可能性越来越低。因此,设计阶段对降低产品的生命周期成本至关重要。应将产品成本控制的重点从传统观念中的生产制造阶段转移到产品设计阶段,通过产品设计方案的优化调整,实现产品全生命周期成本的有效控制。

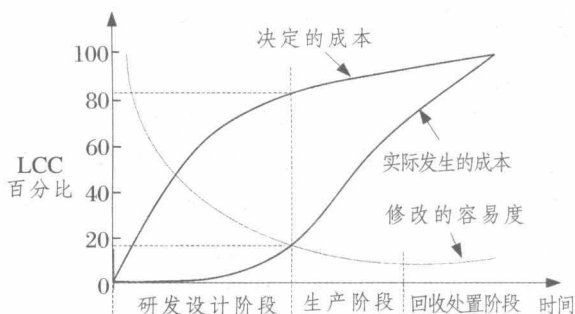


图 1-1 产品生命周期各阶段对产品成本的影响曲线

虽然产品生命周期成本的大部分在研发设计阶段决定，但设计人员并不能直接决定它，而是在产品研发设计中通过决定产品性能参数特征（如产品的材料、结构、制造方法的选择、加工精度的要求等）来影响产品的成本。因此，为实现在设计阶段控制产品生命周期成本的目的，就必须在产品性能参数与生命周期成本之间建立联系，在产品早期准确地对产品成本进行估算，为设计人员提供产品的成本信息，使其将与成本相关的工艺规划、制造、装配等方面的信息一并考虑，在满足产品性能要求的基础上，把降低成本的原则通过确定结构设计、材料选择、制造方法以及技术要求、加工精度等诸多细节落实到产品设计方案选择中，以此来指导产品设计过程，最终通过设计参数优化和产品设计方案的选择实现在设计阶段对产品全生命周期成本的有效控制。这也正是本书面向设计的生命周期成本控制的基本思想。

随着全球经济一体化进程的不断加快，企业间的竞争日趋激烈。成本仍然是企业获取竞争优势的重要手段。而由于生产自动化和信息化进程的加剧，侧重于生产成本控制的传统成本管理优势逐

渐丧失，立足于产品全生命周期的成本管理成为企业获取成本优势的必然选择。基于此，本书在借鉴国内外成本控制相关研究理论与方法的基础上，从产品生命周期成本基本理论出发，以构建产品生命周期成本估算模型为桥梁，立足于产品设计阶段开展生命周期成本控制优化方法问题的研究，并以机械产品为实例进行验证。该研究将进一步丰富现有的成本控制理论与方法，开拓在产品设计阶段实现生命周期成本控制的新视角，为我国制造企业成本的决策者和管理者提供新的思维方法和更具现实意义的操作框架，具有较强的理论价值和实践意义。

1.2 国内外研究现状

要实现在产品设计阶段控制全生命周期成本的目的，就必须在产品设计过程中准确获取产品与生命周期成本的有关信息，并及时地反馈给设计人员，以指导和约束产品设计过程。在这个过程中，与设计过程相关的产品生命周期成本的相关理论是进行生命周期成本控制的基础。这些理论成果包括生命周期成本概念的界定与构成、成本的估算与分析及成本的降低与控制三个方面，如图 1-2 所示。其中，生命周期成本理论是基础，成本估算与分析是手段，成本降低与控制是目的。本书将从这三个方面阐述成本研究的国内外研究现状。

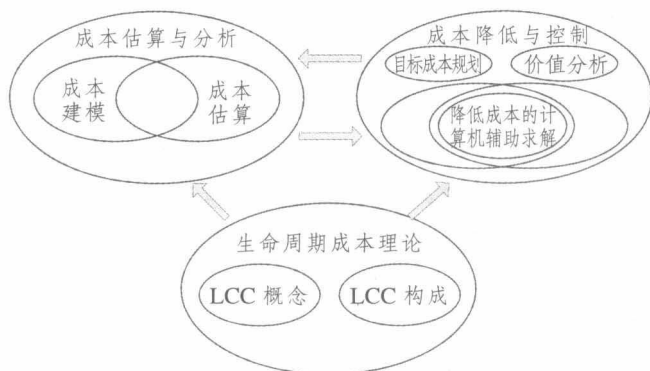


图 1-2 面向设计的生命周期成本研究内容体系

1.2.1 产品生命周期成本理论

产品生命周期成本（Life Cycle cost，简称 LCC）也称为生命（寿命）周期费用，其概念最早由美国国防部（United States Department of Defense，简称 DOD 或 DoD）在 20 世纪 60 年代提出。DoD 将 LCC 定义为“政府为了设置和获得系统以及系统一生所消耗的总费用”。美国预算局认为全生命周期成本是“大型系统在预定有效期内发生的直接、间接、重复性、一次性及其他相关费用的总和”。美国弗吉尼亚州立大学教授、美国后勤学会副会长 Blanchard 教授认为全生命周期成本是系统和产品在确定的生命周期内的总费用，具体包括研究开发费、制造安装费、运行维修费、回收报废费等。在美国国家标准和技术研究院（NIST）的《Handbook 135: Life Cycle Costing Manual for the Federal Energy Management Program》1995 年版中，全生命周期成本被定义为“拥有、运行、维护修理和处置某一项目或项目系统所发生的成本在一段时期内的贴

现值的总和”。

尽管具体表述略有不同，但是学者们都认为产品生命周期成本就是产品在其经历的生命周期的各个阶段所发生的各项成本费用的总和。至于产品整个生命周期具体包括哪些阶段，看法还略有不同。以 Alting 为代表的部分学者认为产品生命周期从确认需求开始，先后历经研发、设计、生产、分销、使用和处置等六个阶段，而其他大部分学者都比较赞同将生命周期划分为研发设计、生产、使用和报废处置四个阶段。

关于生命周期成本构成的研究主要包括两类。一是根据成本最终承担主体的不同，将产品生命周期成本划分为企业成本、用户成本和社会成本三大类，这三类成本的具体构成则取决于产品所处的具体的生命周期阶段，具体内容如表 1-1 所示。

表 1-1 产品全生命周期阶段及成本

阶段	企业成本	用户成本	社会成本
设计阶段	市场调查成本		
	研发、试制成本		
生产阶段	直接材料		废弃物处置成本
	直接人工 制造费用		环境损害成本 人员健康损害成本
使用阶段	运输、储存成本	初始购买成本	包装成本
	广告费用 保修费用	运输、安装成本 运行维护成本	废弃物处置成本 环境损害成本 人员健康损害成本
报废阶段		报废处理成本	废弃物处置成本
			环境损害成本 人员健康损害成本

二是从产品所处生命周期阶段角度考虑，Fabrycky 和 Blan-

chard 给出了最典型的产品生命周期成本分解结构 (Cost Breakdown Structure, 简称 CBS), 即研发成本、生产成本、维修保养成本与报废处置成本四部分。显然这种分解结构并不是适合所有产品的最全面和最具有代表性的, 但是它为具体产品的成本结构分解提供了参考的框架。之后, 许多学者以上述成本结构分解为蓝本, 结合具体产品的特性, 按照产品生命周期阶段对产品生命周期成本进行了划分。

1.2.2 成本估算与分析

成本估算是成本控制的起点和关键。按照 Stewar 的观点, 成功的成本估算需要具备四个基本的工具, 即完备可靠的信息、有效的方法、科学的进度安排及多方位的技能。而成本估算方法作为其中最重要的元素成为成本研究领域关注的热点。

成本工程专家们结合实际开发出多种不同的估算方法。Olga Ievtushenko 和 George L. Hodge 将这些成本估算方法分为两大类: 自下而上 (bottom - up) 的成本估算法和自上而下 (top - down) 的成本估算法。自下而上的成本估算法, 也称详细估算法, 其基本思想是将产品及其制造过程分解为较小的部分或子过程, 先分析估算这些较小的组成部分或子过程的成本, 然后将其整合以获得整个产品的成本。自上而下的成本估算方法则是将产品看作一个整体, 基于产品整体的特征对产品成本进行估算。为更全面系统地描述成本估算方法, 许多学者尝试按不同的标准对成本估算方法进行分类。最典型的是将成本估算方法分为定性和定量估算方法。定性估算方法主要依赖成本估算人员的经验和知识进行成本估算, 具体包括德尔菲法、主观概率法、头脑风暴法、专家会议、启发式规则等。这种方法能够帮助决策者在两个方案比较时选出较优的方案,

但不能给定成本的具体数值,因此较少应用于某个具体产品的成本估算中。定量估算方法利用数学算法和统计工具对产品成本进行估算,可以在较高估算精度要求下提供成本估算值,因此在产品成本估算中得到广泛应用。Castagne 等根据定量估算算法所采用的数学方法的理论背景的不同,将其分为三类,分别是类比估算法(也称相似估算法)、参数估算法(也称统计估算法)和分析估算法(也称详细估算法、工程估算法)。

德国学者 G. 帕尔和 W. 拜茨在总结几何相似、几何半相似产品成本增长规律的基础上,利用几何相似性对产品的成本进行估算,这是类比估算法的最早应用。之后,Boehm 应用类比估算法对新研制发动机的生命周期成本进行估算。参数估算法最早在美国的航空发动机领域得到应用,兰德(Rand)公司根据国内 29 种涡轮航空发动机的相关数据,选取推重比、涡轮进口温度和耗油率等性能参数,构建了航空发动机生命周期成本的参数估算模型。英国学者 A. R. Mileham、G. C. Currie 等也对适用于产品概念设计阶段的参数估算模型进行了研究,并将其成功应用于注塑模的成本估算。Camargo 等将物理参数和产品复杂度作为自变量,将参数估算法应用于毛呢制品的成本估算。与上述两种估算方法不同,详细估算法属于自下而上估算法,其先将产品或工艺过程分解为简单的部分或过程,然后自下而上逐级将较小单元的成本累加起来,最终得到产品整体成本的估算值。其中基于作业的成本估算(Activity - Based Costing, 简称 ABC)方法是应用最多的一种详细估算法。Kaplan 认为作业是产生成本的动因,以此为基础开发了作业成本法。Jan Emblemsvåg 阐述了如何使用基于 ABC 方法的成本估算模型进行设计决策过程中全生命周期成本的估算。之后, Bert Bras 和 Jan Emblemsvåg 对上述研究进行拓展,在原有的基于 ABC 方法的成本

估算模型中考虑不确定性因素的影响。Ong 开发了一种基于作业的成本估算系统用以帮助设计者在早期概念设计阶段估计印刷电路板的制造成本。Kaplan 和 Anderson 在上述模型的基础上进行改进,提出了一种称为时间驱动的作业成本估算法 (time - driven activity - based costing)。该方法首先计算出执行每个作业的时间和单位时间成本,然后根据生产产品需要完成的作业所耗用的时间就可以估算出产品的成本。

虽然 ABC 方法能提供非常准确的成本估算结果,但它不适用于产品设计早期概念设计阶段。为此,学者们开始尝试在概念设计阶段的产品属性与其成本之间建立联系,据此实现成本的估算。回归分析法因其良好的数学理论背景在美国西南部矿山的人力和运营成本估算、软件开发成本估算、电厂维护调度成本估算、塑料成型设备和模具成本估算、再制造设计等领域得到广泛应用。然而该方法在具体应用时需要事先明确产品属性参数与成本之间存在的线性或非线性关系,当产品属性与成本之间的映射关系不太明确时则无法应用回归分析法进行成本估算,因此神经网络成为回归分析的最佳替代方法。Zhang Y. F.、Fuh J. Y. H. 等利用 BP 神经网络对包装产品成本进行了估算。Seo 以汽车制动盘的生产成本估算为实例,验证了神经网络估算在产品概念设计阶段进行成本估算的有效性。此外还有不少学者对两种估算方法进行了对比研究,如 Smith 和 Mason 比较了两种估算方法的性能、稳定性和应用的便利性,总结出当对自变量和变量的关系不太了解时,神经网络的估算效果优于传统回归分析法。Shtub 和 Versano 分别用神经网络和回归分析法对钢管的成本进行估算,研究结果表明前者的估算精度更高。Cavalieri 等以一个新型制动盘的单位制造成本的估算为例,对参数法与人工神经网络两种估算方法进行了对比。Kim 则利用回归分析