

基于价值工程的产品优化设计研究

杨勤¹, 石若好¹, 熊文彬², 王建伟¹

(1.贵州大学, 贵阳 550025; 2.现代制造技术教育部重点实验室, 贵阳 550025)

摘要: **目的** 弥补目前价值工程应用到产品优化设计中时, 只考虑减少成本, 忽视改善质量的局限。**方法** 运用价值工程的对象选择原则和方法, 对预期寿命周期高, 已经在市场上销售一段时间的产品进行价值分析, 提出初步的设计方向, 再通过对某一批次的产品维修记录的统计分析, 引入产品功能可靠度的概念, 对价值工程提出的设计方向进行修正。**结果** 将功能可靠度与价值工程的分析相结合, 有效弥补传统价值工程指导产品优化设计时, 只关注成本而忽视质量的缺点。**结论** 通过实例进行验证, 最终结果表明, 功能可靠度与价值工程相结合提出的优化设计方案, 在改善产品质量的同时, 也有效降低了成本。

关键词: 价值工程; 优化设计; 功能可靠度; 产品质量

中图分类号: TB472 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2019)12-0279-04

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2019.12.048

Product Optimization Design Based on Value Engineering

YANG Qin¹, SHI Ruo-hao¹, XIONG Wen-bin², WANG Jian-wei¹

(1. Guizhou University, Guiyang 550025, China;

2. Key Laboratory of Advanced Manufacturing Technology, Ministry of Education, Guiyang 550025, China)

ABSTRACT: The paper aims to offset the limitation that only considering cost reduction and ignoring product quality when the value engineering is applied to optimal design of product. The object selection principle and method of value engineering were applied to analyze the value of the product of long life expectancy and has been sold in the market for a period of time to put forward the preliminary design direction. Then, through statistical analysis on product maintenance records of the same batch, the concept of product function reliability was introduced to amend the proposed design direction of value engineering. Combining the function reliability with the analysis of value engineering effectively offset the limitation of focusing on cost and ignoring quality when guiding optimal design of product with traditional value engineering. Through case studies, the final results show that the optimal design scheme combining function reliability and value engineering can effectively reduce the cost and effectively improve the quality of products.

KEY WORDS: value engineering; optimal design; functional reliability; product quality

现阶段对产品进行优化设计时, 对于优化设计工作如何开展, 产品的整体和各个部件的关系为何, 各个部件间功能如何取舍, 实现此功能所需成本是否过高等问题, 没有合适的思想和方法进行指导, 设计师如果不能系统地看清这些问题, 也就难以提出合理的优化设计方向。而价值工程是一种针对成本和价值的管理技术, 通过计算各个部件的成本与功能系数, 将

部件的重要程度进行量化, 直观地通过数据进行展示。将价值工程作为指导优化设计的思想和方法, 设计师可以快速而系统地了解产品各个部件与整体的关系, 各个部件功能的重要程度, 以及实现这些功能所需消耗的成本是否合理, 从而对优化设计工作的开展进行指导。

本文通过实际设计工作, 使用现阶段价值工程的

收稿日期: 2019-02-15

作者简介: 杨勤(1963—), 男, 黑龙江人, 贵州大学教授、硕士生导师, 主要研究方向为设计理论与方法、人机工程学、设计管理。

理论和方法对某厂家已经量产销售的产品进行优化设计。

1 价值工程概述

价值工程的定义是通过各相关领域的协作,对所研究对象的功能与费用进行系统分析,旨在提高研究对象价值的思想方法和管理技术^[1],是一种针对工程成本和管理技术,经过近几年在建筑工程领域的应用和发展,已经得到了充分的证明^[2]。

目前将价值工程引入到产品优化设计还是一个新领域,其中丛伟在《价值工程理论在产品优化设计中的应用》一文中,关注价值工程与产品优化设计的关系,克服传统产品设计的弊端,迅速为设计人员指明改进方向,取得了较好的经济效益^[3];陈红娟和彭星辰在《价值工程在产品创新设计中的应用研究》一文中,关注将价值工程的理论与产品的创新相结合,重点关注与产品的成本和功能的关系,减少产品的生产成本,进而提高价值^[4]。在价值工程中,价值是作为一种衡量事物功能重要程度的尺度提出来的,它与事物的功能和实现这个功能所要花费的成本有重要关系,这种关系可以写成数学表达式:

$$V = \frac{F}{C} \quad (1)$$

其中: V 为价值; F 为功能(全寿命周期的功能); C 为费用(全寿命周期的费用)。可以看出,价值的高低,功能的大小和成本的高低是根本^[5]。而目前在设计时,采用的多是降低生产成本这样简单易行的办法。

现阶段使用价值工程指导产品优化设计时,关注的都是生产设计阶段产品的功能与成本两个因素,导致在实际生产中使用价值工程的方法对产品进行指导时,只考虑到产品生产成本的降低,没有将产品生产完成后的质量纳入考虑范围中,使得最终通过这种方法设计出的产品,生产成本确有下降,但产品的质量也在下滑。本文通过对销售的产品进行追踪调查,引入产品可靠度的概念,弥补传统价值工程方法的局限,将提高产品的质量作为重点进行考虑。

2 传统价值工程分析方法

在实际的设计工作中,通过对实际产品进行分析,要提高产品的价值,有5条途径,见表1^[4]。

从表1可以看出,提升产品价值最理想的途径应该是第3条,但是在实际的设计工作中,当设计师提出对产品功能进行修改时,由于技术生产水平条件有限,难以实现,且生产方出于利益的考虑,担心对功能的增删改变,会影响到用户的实际使用

体验,进而丢失市场^[5]。这样的现状,造成设计师在使用价值工程对产品进行优化设计时,很少使用表1中的第1条或是第5条途径,多数使用第2条或第4条途径,造成的结果就是前文所提到的,产品功能并无什么变化,成本降低,同时产品的质量也受到影响。

表1 价值增加途径
Tab.1 Ways of increasing value

序号	功能变化	成本变化	价值变化
1	大幅增加	小幅增加	增加
2	小幅增加	不变	增加
3	增加	减少	增加
4	不变	小幅减少	增加
5	小幅减少	大幅减少	增加

以某企业壁挂换风机为例,其产品预期使用寿命是6年,已经在市场上销售一段时间,应用传统价值工程的方法,对其进行价值分析。

2.1 选择工程对象

在价值工程中,对现阶段产品进行价值分析时,在对产品的功能系数进行确定前,需要先对产品进行功能系统分析,将对象产品的各个组成部件排列起来,将其进行编号,同时分析其功能^[6],见表2。

表2 部件功能分析
Tab.2 Analysis on component functions

部件代号	部件名称	基础功能	附加功能	备注
A	前板	保护内部	外观美化	
B	后板	保护	悬挂	
C	控制盒支架	支撑		
D	上盖	保护		
E	LED 支架	支撑		
F	风机	动力提供		
G	热交换模块	散热		
H	控制盒板	中控系统		
I	下盖	保护, 支撑	安装	
J	风道	出风		
K	风机支架	支撑		
L	ESP 模块	控制系统	方便操作	外购
M	音网	降噪	保护风机	外购

通过分析,了解到 ESP 模块、音网是从外部厂家购买,并非厂家生产,因此不作为进一步功能分析

的对象。完成功能系统分析之后，再通过强制确定法（FD法），将各个部件进行一一对比，计算出各个部件的功能评价系数^[7]。假设部件的功能系数为 Fq ，则：

$$Fq = \frac{\text{某部件的功能得分}}{\text{全部部件功能得分}} \quad (2)$$

各个部件的功能评价系数见表 3。

2.2 部件成本、价值系数

获得功能系数之后，再计算成本系数 $Cq = \frac{\text{现实成本}}{\text{所有部件总成本}}$ ^[8]，最后根据价值系数 $Vq = \frac{\text{功能系数}Fq}{\text{成本系数}Cq}$ ，得到价值系数见表 4。

表 3 部件功能评价系数
Tab.3 Evaluation coefficients of component functions

代号	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	功能评分	功能评价系数
A		0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	3	0.055
B	0		0	1	0	0	0	0	1	1	1	4	0.073
C	0	1		1	0	0	0	0	1	1	1	5	0.091
D	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	0	1	1	1		0	0	0	1	1	1	6	0.109
F	1	1	1	1	1		1	1	0	1	1	9	0.164
G	1	1	1	1	1	1		0	0	0	1	7	0.127
H	1	1	1	1	1	0	0		0	1	1	7	0.127
I	0	0	0	0	0	1	1	1		1	1	5	0.091
J	0	0	0	0	0	0	0	0	1		1	2	0.036
K	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1		7	0.127
总计												55	1.000

表 4 成本、价值系数
Tab.4 Cost and value coefficients

零件代号	功能系数	现实成本	成本系数	价值系数	初步判断
A	0.055	334	0.107	0.51	改进
B	0.073	90	0.029	2.51	
C	0.091	150	0.048	0.17	重点改进
D	0	217	0.070	0	重点改进
E	0.109	135	0.043	2.53	
F	0.164	880	0.284	0.56	改进
G	0.127	380	0.123	1.03	
H	0.127	270	0.087	1.46	
I	0.091	150	0.048	1.90	
J	0.036	310	0.100	0.36	重点改进
K	0.127	180	0.058	2.19	
总计	1.000	3096			

传统价值工程指导优化设计时，价值系数作为优化设计主要的判断依据，系数高的部件不列入优化设计的考虑范畴中，系数低的部件作为优化设计的主要目标，采用降低产品部件生产成本，提高其价值系数的方式进行优化。

根据得到的价值系数大小进行分析，有 3 种情

况：大于 1，表明此部件功能重要而所耗成本低，是理想部件，如部件 B、E、H、I、K；等于 1，表明功能与所耗成本相当，是正常部件，如部件 G；小于 1，表明实现此功能所耗成本过高，需要改进，如部件 A、C、D、F、J。

3 产品的功能可靠度分析

产品各个部件除了上述的功能与成本的关系以外，还存在另一个重要的关系，即在一定时期的技术水平下，部件功能的正常使用时间，即产品的功能可靠度 Rq 与其功能重要程度和成本，成正相关才符合产品预期质量^[9]。而产品质量由产品各个部件的可靠程度所决定，功能越是重要的部件，即功能系数越高的部件，其可靠程度应当越高^[10]。

一定使用周期内，通过追踪统计同一批次产品投入使用后，两年内各个部件的维修记录，算出产品部件功能的可靠程度 $Rq = 1 - \frac{\text{部件维修次数}}{\text{总维修次数}}$ ，见表 5。

在功能可靠度中，可靠度高于 0.9 的部件作为正常，不做设计改进考虑，如部件 A、C、D、E、F、G；可靠度低于 0.9 高于 0.8 的部件作为一般对象需要分析，如部件 B、H、I、J；可靠度低于 0.8 的作为不可靠部件，需要重点分析改进，如部件 K。

表5 部件功能可靠度
Tab.5 Functional reliability of components

零件代号	维修次数	次数占比	功能可靠度	备注
A	3	0.078	0.922	正常
B	4	0.105	0.895	分析改进
C	0	0	1	
D	0	0	1	
E	2	0.053	0.947	正常
F	2	0.053	0.947	正常
G	3	0.078	0.922	正常
H	4	0.105	0.895	分析改进
I	5	0.132	0.868	分析改进
J	4	0.105	0.895	分析改进
K	11	0.289	0.711	重点分析改进
总计	38			

4 分析和提出改进方案

将部件可靠度作为价值工程优化设计的一个参考系数,价值系数与功能可靠度在合理的情况下,应存在正相关的关系。

若是两者关系不对应,则存在两种情况:价值高,而可靠度低,存在的问题多是部件功能系数高,而成本所占比低,可以考虑增加其生产成本,从而提高其功能可靠度;价值低,而可靠度高,是因为部件功能系数低,成本系数高,耐用度高,存在将有限的成本用在功能重要度低的部件上的问题。

两种情况中,第一种情况需要重点改进,功能系数高的部件,往往是产品满足使用者需求、决定产品质量的关键部件,其功能的报废,也代表了产品的报废,优化设计时可以采用适当增加其成本,进而提高其质量的设计方法;第二种情况,功能系数低,部件功能不是那么重要,却占据产品过多的成本,在优化设计时,保证产品质量的情况下,则采用适当削减成本的设计方法。

在上文传统的价值工程方法中,部件 K 是作为低成本高价值的存在而被认可,并不打算进行改进,但是在功能可靠度的分析中,它的可靠度最低,对产品质量的影响也最明显,需要重点改进。综合价值工程方法与价值可靠度的分析,需要进行优化设计的部件分别是 A、C、D、F、J、K,部件 A、C、D、F、J 采用降低成本的设计方法进行优化设计,而部件 K 在优化设计时,需要重点关注质量的提高。

4.1 分析问题

针对所耗成本过高的部件,是由于原产品外观为

方形,内部风机和热交换模块位置不合理,导致成本过高;而功能可靠度低的风机支架,是由于支架为了避免触碰到热交换模块,采用了两个细柱支持,导致长时间风机转动工作后,两个细柱产生了移位和变形,最终风机移位,与热交换模块接触,导致工作时产生额外噪音。

4.2 改进方案

重新设计其外观和内部结构,使内部结构更加合理。将原本紧邻的风机和热交换模块间隔一定距离进行放置,将原先风机支架改为三角形支持,让风机更加稳定,避免长时间工作后产生位移的问题,让产品的性能更加稳定,降低故障率。

4.3 结果验证

优化设计后的产品投入市场后,对某一批次的产品进行跟踪调查,实际证明产品维修总次数降低,功能可靠度提高,产品性能更加稳定,产品质量得到提高,见表 6。

表6 部件功能可靠度
Tab.6 Functional reliability of components

零件代号	维修次数	次数占比	功能可靠度
A	1	0.058	0.942
B	2	0.117	0.883
C	0	0	1
D	0	0	1
E	2	0.117	0.883
F	2	0.117	0.883
G	1	0.058	0.942
H	2	0.117	0.883
I	2	0.117	0.883
J	3	0.176	0.824
K	2	0.117	0.883
总计	17		

5 结语

最终的结果表明,将价值工程应用到产品优化设计中,并引入产品部件的功能可靠度,作为确定优化设计方向的最后一步,重新审视产品的所有部件,可以让优化设计在关注经济效益的同时,也重视产品质量的改善。

本文方法有适用性局限,选取产品须是已量产销售,且产品预期寿命周期较长,具备售后追踪和维修的价值,进而在优化设计时,能够对产品的使用和维修情况进行研究和统计,得到产品可靠度的

(下转第 297 页)

- 术科技, 2016, 29(5): 58.
- LI Xiao-fang. Application of Interaction Design in Industrial Design[J]. Art Science, 2016, 29(5): 58.
- [5] 蒋文文. 汽车人机交互设计方法与用户研究[J]. 科技与企业, 2014(3): 100.
- JIANG Wen-wen. Research on Vehicle Human-Computer Interaction Design Method and User[J]. Science Technology and Enterprise, 2014(3): 100.
- [6] 孙彦德. 情感化交互设计对未来工业设计的影响[J]. 现代装饰(理论), 2015(8): 103—104.
- SUN Yan-de. The Influence of Emotional Interaction Design on Future Industrial Design[J]. Modern Decor (Theoretical), 2015(8): 103—104.
- [7] 王薇, 谢一槐. 探讨智能家居产品的视觉交互设计[J]. 工业设计, 2017(5): 83—84.
- WANG Wei, XIE Yi-huai. Discussion on Visual Interaction Design of Smart Home Products[J]. Industrial Design, 2017(5): 83—84.
- [8] 许倩. 浅谈交互设计在智能家居产品中的应用[J]. 科技与生活, 2011(8): 160.
- XU Qian. Talking about the Application of Interaction Design in Smart Home Products[J]. Science Technology and Life, 2011(8): 160.
- [9] 许杨腾. 工业设计中用户体验和交互设计的运用研究[J]. 建筑工程技术与设计, 2017(22): 430—432.
- XU Yang-teng. Research on the Application of User Experience and Interaction Design in Industrial Design[J]. Architectural Engineering Technology and Design, 2017(22): 430—432.
- [10] 赵世峰, 胡珊. 以用户体验设计为中心的创新设计[D]. 北京: 工业设计研究, 2017.
- ZHAO Shi-feng, HU Shan. Innovative Design Centering on User Experience Design[D]. Beijing: Industrial Design Research, 2017.

(上接第282页)

具体数据。对于生产批次小, 产品预期寿命周期短或一次性使用, 这类不具备售后追踪和维修价值的产品则不适用。

参考文献:

- [1] 王乃静. 价值工程概论[M]. 北京: 经济科学出版社, 2006.
- WANG Nai-jing. Introduction to Value Engineering[M]. Beijing: Economic and Scientific Press House, 2006.
- [2] 王飞. 实现全社会最大价值是价值工程的最高目标[J]. 价值工程, 2011(1): 28—30.
- WANG Fei. To Maximize the Value of Community is the Superordinate Goal of Value Engineering[J]. Value Engineering, 2011(1): 28—30.
- [3] 丛伟. 价值工程理论在产品优化设计中的应用[J]. 机械设计与制造, 2006(6): 174—176.
- CONG Wei. Applied of the Value Engineering in the Process of Improving Production[J]. Machinery Design & Manufacture, 2006(6): 174—176.
- [4] 陈红娟, 彭星辰. 价值工程在产品创新设计中的应用研究[J]. 包装工程, 2011, 32(8): 62—64.
- CHEN Hong-juan, PENG Xing-chen. Research on the Application of Value Engineering in the Product Innovation Design[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(8): 62—64.
- [5] 皮永生. 功能分析在产品中的应用[J]. 包装工程, 2012, 33(18): 136—139.
- PI Yong-sheng. Application of Functional Analysis in Product Design[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(18): 136—139.
- [6] 韩涛. 工程项目成本控制的价值工程应用[J]. 价值工程, 2004(8): 153—154.
- HAN Tao. The Value Engineering Application of Controlling the Cost of Project[J]. Value Engineering, 2004(8): 153—154.
- [7] QIU W. Value Engineering/Value Management Model and Application of Aerospace Projects[J]. Frontiers of Engineering Management, 2015(4): 373—377.
- [8] 唐加福. 利用品质功能展开进行产品优化设计[J]. 机械工程学报, 2003(3): 105—109.
- TANG Jia-fu. Product Optimization Design Using Quality Function Expansion[J]. Chinese Journal of Mechanical Engineering, 2003(3): 105—109.
- [9] 满佳. 基于价值工程的可适应性评价方法[J]. 工程设计学报, 2012(4): 250—254.
- MAN Jia. Adaptive Evaluation Method Based on Value Engineering[J]. Journal of Engineering Design, 2012(4): 250—254.