

基于功能激励的产品创新策略*

孙其英 李彦 李文强 陈卫敏

(四川大学制造科学与工程学院, 成都 610065)

【摘要】 在创造力模板法基础上,引入通用功能基的概念,提出了一种基于功能激励的产品创新设计方法。通过构建产品的功能结构模型,系统、规范地表达了产品信息;采用功能相关、功能变换、功能移出、功能转移和功能随机激励等策略对各级子功能进行操作,体系化、导向性地激励设计者的创造性思维,从而实现产品的创新设计。最后,以农用背负式喷雾器设计示例演示了该模型。

关键词: 产品设计 功能激励 创新策略 应用

中图分类号: TH122 文献标识码: A 文章编号: 1000-1298(2011)03-0197-06

Strategy and Application of Product Innovation Based on Function Incentive

Sun Qiyang Li Yan Li Wenqiang Chen Weimin

(School of Manufacturing Science & Engineering, Sichuan University, Chengdu 610065, China)

Abstract

Several templates were given based on the structures and variables of a product in creativity templates. As a product has various structures and variables are determined subjectively, the multifarious and nonstandard data add to the difficulties of product innovation. Therefore a new type of product innovation method based on function incentive was put forward. Function common basis was inducted to this model. All product information was represented by the product function model systematically and normatively. Each product sub-function was operated by function dependency, function transformation, function displacement, function relocation and function random excitation strategies. Designer was assisted systematically and directionally to carry out innovative thinking. And the product creative design was realized. Finally, the design process of an agricultural knapsack sprayer was described to demonstrate this model.

Key words Product design, Function incentive, Innovation strategy, Application

引言

创造力模板法^[1]建立在产品组态图和预测矩阵的基础上,通过模板理论找到下一个预先发明的结构,然后根据功能遵循形式原理,最终实现产品功能的创新。产品组态图由相关组件(包括本质组件、内、外部组件、控制组件等)和它们之间的相互关系组成。由于产品结构的多样性和设计者的主观性,产品组件的分解粒度并没有规范的标准,不同的设计者对同一产品组件的结构分解可能会有不同的

结果。预测矩阵由产品的内部变量、外部变量及其相互关系组成。而确定组件变量的随意性较大,导致数据繁杂且不规范,增加了产品创新设计的难度。

功能创新是产品创新设计的最终目的^[2-3]。功能贯穿于产品概念设计的各个阶段,是概念设计的最基本元素^[4-5]。国内外学者对功能已有深入研究并提出了多种理论和方法^[6-9]。这些研究将产品设计看作是功能实现问题,主要研究功能和结构之间的映射方法和求解过程,没有包含对功能自身创新的研究。从功能着手,可使得创新设计一开始就和

收稿日期: 2010-03-24 修回日期: 2010-05-26
* 国家自然科学基金资助项目(50875180)和科技部创新方法专项(2009IM040200)
作者简介: 孙其英,硕士生,主要从事产品创新设计研究,E-mail: qiyingsun@163.com
通讯作者: 李彦,教授,博士生导师,主要从事产品创新设计、数控研究,E-mail: liyan@scu.edu.cn

顾客的需求相联系,摆脱了只看产品的结构和技术载体的限制。

产品功能的发展演变是具有一定规律性的^[10]。因此,本文通过对功能的研究,在创造力模板法的基础上构建基于功能激励的产品创新策略。

1 基于功能激励的产品功能模型

产品的设计过程是一个创造性思维的过程。创造性思维是在已有知识和经验基础上进行的思维方式,是发散性思维 (divergent thinking) 和收敛思维 (convergent thinking) 的统一和对立^[11]。根据受限范围原理,以创造性思维为目标,能够引导思维沿着预先确定的发明路线走,系统性、导向性地激励设计者的创造性思维。Kano 模型^[12]是卡诺博士提出来的与产品性能有关的用户满意度模型。类比 Kano 模型本文将功能分为:基本功能、期望功能和潜在功能(这里的功能不仅指单个子功能,还代表产品功能模型)。潜在功能很难被发现,它超出了顾客的期望,是顾客意想不到的产品功能。类似于达尔文的进化理论,在市场竞争中“生存”下来的产品是顾客需求的物质载体,捕获了各种市场信息。潜在功能作为新产品进化的重要演变密码被“编码”于产品中。

产品设计过程是一个基于功能的设计过程,或者称为由功能驱动的设计过程^[13]。产品功能是产品的综合目的功能,即它是用来做什么的。产品功能通常只用一个名词和一个主动词来表达。例如“切豆”、“剪指甲”、“放音乐”、“复印”等。子功能

是产品功能的组成部分。在通常情况下,产品功能能够也必须分解为可识别的、相应于子任务的子功能。各子功能之间都有一定的逻辑顺序和相互关系^[14]。本文采用通用功能基的标准来描述产品的功能。通用功能基 (function common basis) 建立了从抽象到具体等不同层次的功能和流的分类和描述标准,可以有效地辅助设计系统、规范地表达产品信息。功能在抽象层次上分为引导、支持、连接、分支、供给、控制、转换和发信号 8 个类别,各功能在其他不同层次(较具体的层次)又有详细的分类。流分为能量流、物质流和信息流 3 个基础流,在较具体层次上又逐步展开、细化。通用的功能和流的词库为功能分解到何种粒度提供了相应的参考标准,增加了功能表达的规范性和可重复性,使不同的设计者可以对同种产品做出相同的描述,并有效避免了设计人员在设计初期过分专注于具体功能和细节问题^[15]。

功能建模是产品设计重要的前提和基础。本文采用功能树来表征产品功能模型。产品在使用过程中一般离不开人的参与,本文把人对产品施加的单个作用定义为外界子功能,一个产品在功能实现过程中可能需要多个外界子功能。为便于描述,把所有外界子功能定义为外界功能。在进行功能分解时,对每个功能都提问“如何实现这个功能”,其答案一般是一个或几个子功能,即下一层子功能,最终形成产品总功能树。本文中产品功能模型包括产品功能和外界功能两大部分,使设计者更真实、全面地了解产品整个使用过程,更有效地进行产品创新设计,如图 1 所示。

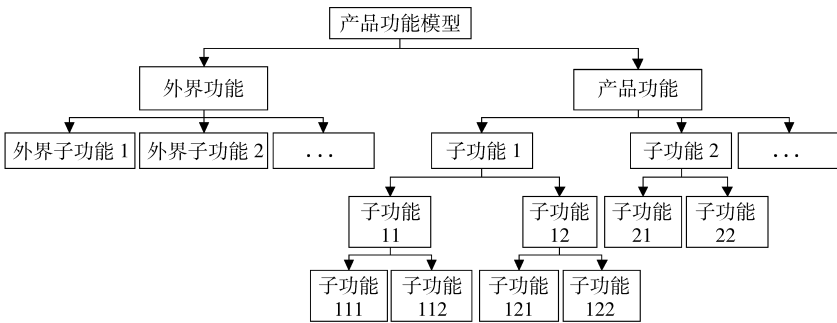


图 1 产品功能模型

Fig. 1 Model of product function

2 基于功能的产品创新策略

2.1 功能相关

一般情况下,每施加一个外界子功能都是为了辅助产品某个子功能的顺利实现。即,通常一个外界子功能只与某一个产品子功能相关。选择某个外界子功能,在与其不相关的某个产品子功能之间建

立联系,使它们由不相关变为相关。即该外界子功能也可以辅助该产品子功能的实现,产生新的产品功能结构。此外,各外界子功能是相互独立的,选择两个外界子功能,在它们之间建立联系,即在完成一个外界子功能的同时可以实现另一个外界子功能,从而减少外界作业强度,产生新产品创意。以产品外界子功能为行,以产品子功能和外界子功能为列,

建立产品功能相关矩阵。当子功能之间是相关关系时,记为“1”。否则记为“0”,当两个子功能相同时,不予讨论,并记为“×”。建立普通笔记本电脑的部分功能相关矩阵,如表 1 所示。笔记本电脑的外界子功能“敲击键盘”和产品子功能“存储电能”本是不相关关系(0),现在它们之间建立联系(由 0 变为 1),让“敲击键盘”可以使电脑“存储电能”。由此,就激发设计者设计出在敲击键盘的同时可以产生电能的节能笔记本电脑。

2.2 功能变换

产品的多样性可以满足更多顾客的不同需求。功能变换是改变产品功能模型中的某一子功能,它在保留原来产品优良功能的基础上,挖掘产品的潜在功能,开拓新的市场需求。列出产品的功能模型,改变其中一个子功能 A 的性质,变换成另一个相异

表 1 笔记本电脑功能相关矩阵

Tab.1 Function dependency matrix of a laptop

产品子功能/ 外界子功能	外界子功能		
	敲击键盘	移动鼠标	打开电源
显示图文	1	1	0
存储电能	0	0	1
敲击键盘	×	0	0
移动鼠标	0	×	0
打开电源	0	0	×

的子功能 B,从而形成新的产品,如图 2 所示。例如,“背书包”是书包的一个外界子功能,把“背书包”变换成“拉书包”,在普通的书包上设计滚轮和拉杆结构,就出现了现在小学生们每天拉着上下学“拉杆式书包”,大大减轻了沉重的书包给他们带来的压力。

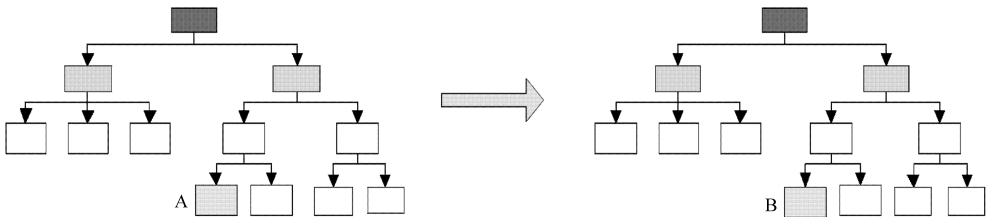


图 2 功能变换策略

Fig.2 Function transformation strategy

2.3 功能移出

传统的思维模式往往限制了设计者的创造性思维,打破思维定势,一个看似不可能的想法也可能是一个很好的创意。功能移出是在原有产品功能的基础上,通过删除某个子功能,改变产品功能模型,增加产品的多样性。列出产品的功能模型,把某个看似不可缺少的子功能 A 从产品功能模型中移出,形

成新的产品功能模型,如图 3 所示。例如,初期的单声道 Pressman 具有“录音”和“放音”功能,但因为录音系统无法在小尺寸内设置,不能设计出一个更小的 Pressman。当把“录音”功能移出产品的功能模型时,Pressman 便转换成新的产品——Walkman,并在市场上取得了极大的成功。

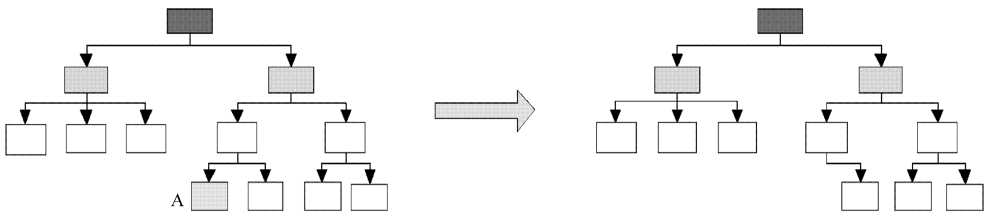


图 3 功能移出策略

Fig.3 Function displacement strategy

2.4 功能引入

功能引入是通过引入产品的某个子功能,发现产品的潜在功能,增加产品的新特性,形成新产品。

(1)功能转移:随着人们工作压力的增大和生活水平的提高,产品逐渐向省时、省力方向发展。功能转移是指把某个外界子功能 A 移动到产品总功能结构中,即产品自身就可以完成外界提供的某个功能,不再需要由外界提供该功能,实现外界功能的精简,如图 4 所示。例如,在刷牙时,手要来回移动

才能把牙刷干净,把“提供动能”这个外界子功能转移到牙刷的功能结构中,就出现了现在的电动牙刷。

(2)随机激励:科学技术的发展带动人们对产品提出越来越高的要求,多功能型成为产品的发展趋势。采用非逻辑的思维方式,随机浏览与所要研究的产品类型相似或者根本不相关的产品,把所浏览产品的某个子功能 A 引入到研究的产品总功能结构中,形成新的产品,如图 5 所示。例如,把电视机“播放画面”的功能引入到电话机中,人们在打电

话的时候还可以看到对方,产生了新一代产品——可视电话。

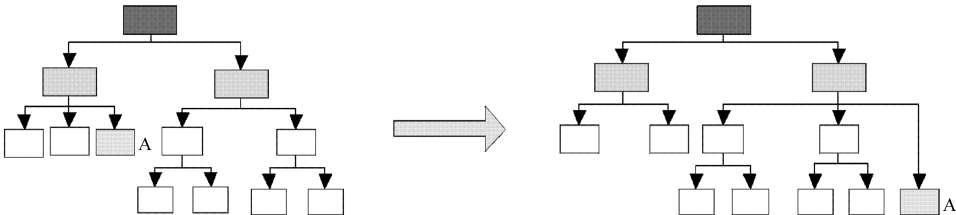


图 4 功能转移策略
Fig. 4 Function relocation strategy

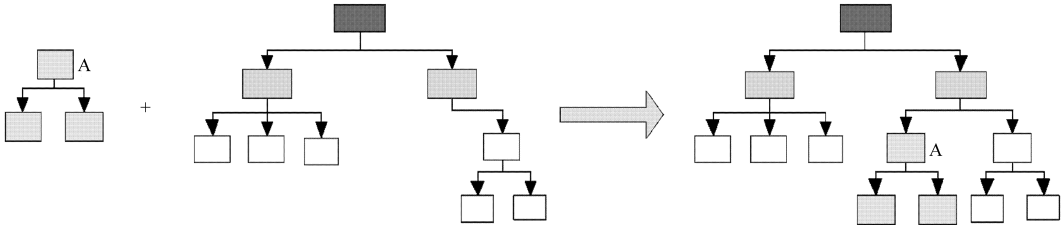


图 5 功能随机激励策略
Fig. 5 Function random excitation strategy

3 基于功能激励的产品创新设计流程

产品的创新设计包括新产品的开发和已有产品的改进设计。新产品的开发在产品创新中所占的比例相对较少。已有产品的改进设计分为面向期望功能的创新和面向潜在功能的创新。期望功能在市场上已经表现出需求,面向期望功能的创新只要做好充分的市场需求调查,就可以设计出顾客满意的产品。对应的创新方法有:质量功能展开 (quality function deployment,简称 QFD)、发明问题解决理论 (theory of inventive problem solving,简称 TRIZ) 等。

潜在功能在产品中是隐性存在的,只有借助一定策略才能完成面向潜在功能的创新。当一个产品已在市场上有很好的声誉 (基本功能和期望功能都得以较完好地实现),在顾客兴奋需求发现之前发展产品的潜在功能是保持产品在市场上竞争优势的有效措施。针对面向产品潜在功能的创新,本文提出了 4 种基于功能激励的产品创新策略。提出的基于功能激励的产品创新设计的流程,如图 6 所示。

基于功能激励的产品创新设计流程主要由以下模块组成:

- (1) 功能建模模块:分解产品总功能,建立产品功能树,并列出相应的外界子功能,构建产品功能模型。
- (2) 创新设计模块:对某个子功能 (包括产品子功能和外界子功能) 选择创新设计策略进行创新设计,发现产品潜在功能,并重新组合得到新的产品功能模型。
- (3) 功能求解模块:为了使产品功能求解过程更加符合人类的认知思维规律,在功能求解过程中,

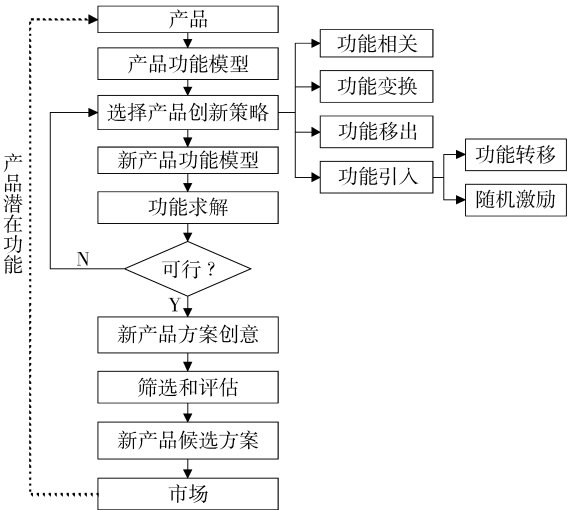


图 6 基于功能激励的产品创新设计流程
Fig. 6 Process of product innovation design based on function incentive

引入“原理”作为由功能映射到结构的桥梁。首先确定新的产品功能模型的实现功能原理,然后寻找实现该原理的结构信息,得到满足所设计功能原理的概念产品结构模型。如果找不到合适的解,返回到创新设计层,重新选择创新设计策略或待设计子功能。

(4) 产品评估模块:根据产品的成本、市场状况、企业实情等,对新产品创意进行评估和筛选,确定新产品候选方案,然后寻找该新产品潜在市场。

4 示例

4.1 构建产品功能模型

使用背负式手动喷雾器喷洒农药的主要过程是:安装喷雾器零部件,检查各连接是否漏气;通过

过滤网,把农药原液和水加入到药桶内,搅匀混合药剂;喷药前,先上下压动摇杆 10 余次,使桶内气压上升到工作压力;背起喷雾器,沿着需要喷洒区域走动,同时不断压动摇杆以持续提供喷雾压力,不断摆

动摇杆以调整喷洒区域;工作完毕,及时倒出桶内残留的药剂,并清洗主要零部件,擦干装好。采用通用功能基的标准描述功能,结合喷雾器建立喷雾器的功能模型如图 7 所示。

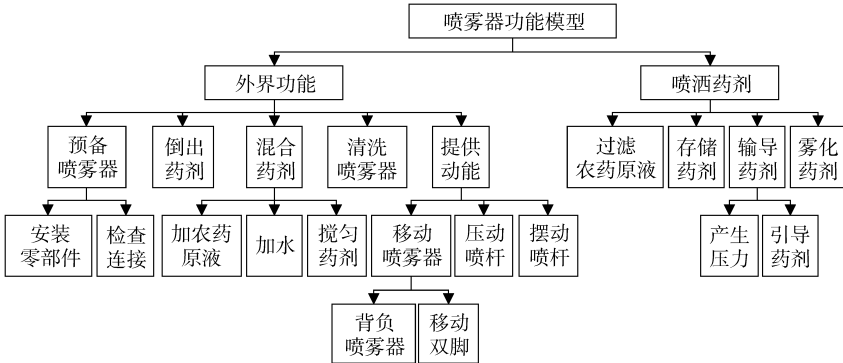


图 7 背负式喷雾器功能模型
Fig. 7 Function model of a knapsack sprayer

4.2 基于功能激励的创新设计

设计人员可以依据功能相关、功能变换、功能移出和功能引入策略对所有的子功能进行遍历操作,也可以针对某个关注的子功能进行创新操作,发现

产品创意。
(1)功能相关:根据喷雾器子功能和外界子功能之间的关系,建立功能相关矩阵(由于篇幅有限,仅列出其中一部分),如表 2 所示。

表 2 喷雾器功能相关矩阵
Tab. 2 Function dependency matrix of a knapsack sprayer

产品子功能/ 外界子功能	外界子功能										
	安装零部件	检查连接	加农药原液	加水	搅匀药剂	背负喷雾器	移动双脚	压动摇杆	摆动喷雾器	清洗喷雾器	
过滤药剂	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	
存储药剂	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	
产生压力	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
引导药剂	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
雾化药剂	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
压动摇杆	0	0	0	0	0	0	0	×	0	0	

外界子功能“移动双脚”和产品子功能“产生压力”本是不相关关系,现在它们之间建立联系,使每次“移动双脚”时都可以实现喷雾器的“产生压力”功能,于是设想在人的脚下设计一个气囊,人每次落脚都会踩压气囊,气囊内产生的压力传到喷雾器内,实现“产生压力”功能。又如,在外界子功能“移动双脚”和“压动摇杆”之间建立联系,通过人的迈步带动摇杆,完成“压动摇杆”功能,得到半自动喷雾器。

(2)功能变换:例如把外界子功能“提供动能”变换成“提供电能”,即移动喷雾器、压动摇杆、摆动喷雾器功能都由外界提供的电能完成,得到电动喷雾器。

(3)功能移出:例如把“搅匀药剂”子功能从喷雾器功能模型中移出,水和农药原液不需要在药桶内搅匀混合,但仍能按照一定的混合比例喷出。于是设计农药和水分别存储在两个药桶内,工作时两者同时按比例从各自储液桶内经过喷杆喷出,在喷

杆内实现混合药剂的功能,得到水药分离式喷雾器。
(4)功能转移:例如把外界子功能“摆动喷雾器”转移到喷雾器功能结构中,不需要人手来回摆动操作,喷雾器就可以实现自动摆动喷雾器,得到喷杆自摆型喷雾器。

(5)随机激励:例如把“提供光能”的功能引入到喷雾器中,在喷雾器上设计一个照明灯,得到照明喷雾器。

4.3 功能求解和产品评估

4.3.1 功能求解

通过创新设计操作,得到了新的喷雾器功能模型。在由功能映射到原理时,为获得更多的解决方案,引入科学效应库,辅助设计师寻求适当的效应、工程实例及其组合,确定出基本的求解途径,得出满足功能要求的解决方案的科学效应,即发现原理解。然后进行喷雾器结构设计,寻找实现原理解的结构信息,建立喷雾器结构模型。由于篇幅有限,在此不

再详细介绍喷雾器的具体功能求解过程。

4.3.2 产品评估

“功能相关”得到的半自动喷雾器不需要人手操作,在行走的同时就提供了喷洒农药所需的能量,避免了反复压动摇杆的麻烦,减少了劳动强度。“功能变换”得到的电动喷雾器由电能来驱动,省时、省力、高效,适合于大规模的农业生产。“功能移出”得到的水药分离式喷雾器,农药原液与水是分离的,作业结束时,剩下的农药原液还可以回收,节约了农药。“功能转移”得到的自摆型喷雾器,减少了手持喷杆反复摆动的劳作,同时避免了手持喷杆而造成药物中毒的现象。随机激励得到的照明喷雾器,方便了人们在夜间作业。

最后,设计者根据产品的潜在市场状况、可行

性、成本和企业的实情等,对新的产品方案进行评估和筛选,确定新产品候选方案。

5 结束语

同类产品的功能结构是相对稳定的,通用功能基为功能分解到何种粒度提供了相应的参考标准。本文提出了发展产品潜在功能的产品创新策略。首先构建产品的功能模型;然后采用功能相关、功能变换、功能移出、功能转移和功能随机激励策略对产品子功能进行创新操作,引导设计者挖掘产品的潜在功能,提高了产品创新设计的效率和新颖性。该方法基于产品功能进行创新设计,能较好地弥补创造力模板法中设计对象多变性和复杂性的问题,使设计过程更加简洁,有条理。

参 考 文 献

- 1 Jacob Goldenberg, David Mazursky, Sorin Solomon. The fundamental templates of quality ads[J]. Marketing Science, 1999, 18(3): 333 ~ 351.
- 2 Miles L D. Techniques of value analysis and engineering[M]. 2 nd. New York: McGraw-Hill Book Co., 1972: 2 ~ 10.
- 3 GB8223.1—2009 价值工程 第1部分:基本术语[S].
GB8223.1—2009 Value engineering—part 1: general terms[S]. (in Chinese)
- 4 Stone R, Wood K. Development of a functional basis for design[J]. Journal of Mechanical Design, 2000, 122(4): 359 ~ 370.
- 5 Chakrabarti Amaresh, Bligh Thomas P. A scheme for functional reasoning in conceptual design[J]. Design Studies, 2001, 22(6): 493 ~ 517.
- 6 赵新军. 技术创新理论(TRIZ)及应用[M]. 北京:化学工业出版社, 2004.
- 7 Tomiyama T. From general design theory to knowledge-intensive engineering[J]. Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing, 1994, 8(4): 319 ~ 333.
- 8 Qian L, Gero J S. Function-behavior-structure paths and their role in analogy-based design[J]. Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing, 1996, 10(4): 289 ~ 312.
- 9 王日君,张进生,葛培琪,等. 基于公理设计与模糊树图的集成式模块划分方法[J]. 农业机械学报, 2009, 40(4): 179 ~ 183.
Wang Rijun, Zhang Jinsheng, Ge Peiqi, et al. Integrated module division method based on axiomatic design and fuzzy dendrogram[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2009, 40(4): 179 ~ 183. (in Chinese)
- 10 陈圻. 商品功能系统一般构成及其演化[J]. 商业研究, 2003(7): 12 ~ 15.
- 11 张庆林,邱江. 思维心理学[M]. 重庆:西南师范大学出版社, 2007.
- 12 Kano N, Seraku N, Takahashi F, et al. Attractive quality and must-be quality[J]. Journal of the Japanese Society for Quality Control, 1984, 14(2): 147 ~ 156.
- 13 Tomiyama T, Umeda Y, Yoshi Kawa H. A CAD for functional design[J]. CIRP Annals-manufacturing Technology, 1993, 42(1): 143 ~ 146.
- 14 Otto K N, Wood K L. Product design: techniques in reverse engineering and new product development[M]. Beijing: Electronic Industry Press, 2007.
- 15 Hirtz J, Stone R B, McAdams D A, et al. A functional basis for engineering design: reconciling and evolving previous efforts [J]. Research of Engineering Design-theory Applications and Concurrent Engineering, 2002, 13(2): 65 ~ 82.