成本控制理念下的轻便两用摩托车创新设计

夏进军，杨榕榕，周涛，王帅
（重庆大学，重庆 401331）

摘要：目的 探索在产品创新设计阶段如何依托成本控制理念，实施产品创新设计，并权衡设计、功能、成本之间的关系。**方法** 以望江轻便两用摩托车设计实践项目为例，从预防性成本控制与前馈性成本控制两个角度出发，探讨如何展开设计准备工作，并从产品造型、结构、材料、装饰等 4 个方面，对初步方案进行设计、成本分析和方案改进，最终形成基于成本预算与方案满意度评价的方案决策。**结论** 以案例实证方式，验证在产品创新设计阶段，将成本控制理念与方法融入创新设计中，对设计方案进行辅助性方案评价、修改与决策，能够有效权衡创新设计、功能、成本等因素，更准确地把握设计方向并提升产品创新设计可实施性，为产品创新设计阶段的成本控制与设计创新提供新思路。

关键词：工业设计；成本控制；创新设计；摩托车
中图分类号：TB472 **文献标识码：**A **文章编号：**1001-3563(2019)08-0169-07
DOI：10.19554/j.cnki.1001-3563.2019.06.028

Innovative Design of Portable Dual-Purpose Motorcycle under Concept of Cost Control

XIA Jin-jun, *YANG Rong-rong*, *ZHOU Tao*, *WANG Shuai*
(Chongqing University, Chongqing 401331, China)

ABSTRACT: This article aims to explore how to rely on the concept of cost control in the product innovation design stage, implement the innovative design of the product, and weigh the relationship between design, function and cost. With the design practice project of Wangjiang dual-use motorcycle as an example, it explored how to start the design preparation from the preventive cost control and feed forward cost control. Preliminary scheme design, cost analysis and program improvement were carried outfrom product modeling, structure, materials and decoration to ultimately forma program decision-making based on cost budgeting and program satisfaction evaluation. This paper proves that in the stage of product innovation design, integration of concepts and methods of cost control into the innovative design to help evaluation, modification and decision-making of the supporting schemescould effectively weigh the relationship between innovation design, function, cost and other factors. What's more, it could more accurately grasp of the design direction and improve the feasibility of innovative design for product and provide new idears for cost control and design innovationof product.

KEY WORDS: industrial design; cost control; innovative design; motorcycle

产品创新是企业发展的核心，为了提升企业和产品的市场竞争力，加强成本控制是有效的措施之一。一款新产品的开发，包括概念开发与产品规划阶段、产品创新设计阶段、试生产阶段以及增量生产阶段，每一个阶段都对成本有影响，而在产品创新设计阶段，由于该阶段决定了材料、直接工资、制造费用等成本费用，所以这些成本占了产品最终总成本的 70%~80%，从而导致了成本控制重心由生产阶段向产品创新设计阶段转移[1—2]，而往往设计师过多关注产品的设计创新与功能，却忽视了成本因素。此时如何展开产品创新设计阶段的设计活动，权衡设计与成本之间的关系，显得尤为重要。

收稿日期：2018-12-23
作者简介：夏进军（1978—），男，重庆人，博士生，重庆大学副教授，主要研究方向为造型艺术、设计理论与方法等。
通信作者：杨榕榕（1992—），女，云南人，重庆大学硕士生，主攻产品创新设计、设计理论与方法。

1 成本控制

成本控制是指企业在生产经营过程中，按照计划制定的成本目标，对成本构成中的一切耗费进行严格的计算、考核和监督，提前采取有效措施，预防和纠正不利因素，发展有利因素，使成本控制在预定的目标范围之内[3]。

产品创新设计阶段的成本控制，在工程学和会计学等领域都有较多研究，在工程学领域主要关注技术细节，会计学领域关注成本管理，而在设计学领域当前更多是从设计师角度出发，关注产品开发的设计成本，根据技术、装备、工艺、质量、性能、功能等方面的不同设计方案，核算和预测新产品在正式投产之后可能达到的不同成本水平，弊端在于缺少对企业在成本控制要求上的衡量[4]，因此如何在成本控制与产品创新设计之间取得平衡，是非常值得研究的。

中国摩托车行业在经历了起步、发展、整合、重组后正在一步步崛起，面对激烈的市场竞争，重庆望江摩托制造有限公司（以下简称望江摩托）计划开发一款轻便两用摩托车产品，满足市场中年轻用户的消费需求。设计要求是：在一定成本限额内，针对年轻用户，采用时尚、活力、科技感的设计元素，设计一款具备摩托车的燃油动力和自行车的脚踏动力两种功能的轻便两用摩托车。由此在成本控制条件下，设计师如何展开产品创新设计显得尤为重要。

2 预防性成本控制下的设计准备

预防性成本控制，是产品创新设计阶段成本控制的一种，针对影响成本的各种因素进行分析研究，建立若干规章制度与约束条件，控制和预防弊端与偏差的发生，从而对设计阶段的成本控制起到积极作用[5]。在摩托车创新设计阶段，包括构建团队、产品功能定位与分析、前期调研、制定基本结构与尺寸规范等，都属于预防性成本控制的有效方式。

建立优秀团队是产品设计阶段最首要的预防性成本控制措施。本项目组由设计师、工程师、销售总监、生产负责人等共同组成，在设计创新阶段能够对设计计划、方案分析、选择与决策等方面有着全面的理解，有效缩短设计周期，节约项目的时间成本。

2.1 功能分析

产品功能是产品创新设计的核心要素，也是消费者最基础的需求。在设计展开前，进行详细的功能结构分析并制定相应的约束条件，能够帮助设计师更准确地把握产品的结构设计[6]。项目组结合望江摩托对轻便两用摩托车提出的功能要求，结合产品定位与市场消费者的需求，对轻便两用摩托车功能层次进行分析，对现有摩托车、自行车进行功能的分解、移植和组合，确定主要的功能定位是产品具备两种动力模式，即燃油动力模式和脚踏动力模式。当用户对行驶速度和耗费时间要求高时，采用燃油动力模，因此相比传统摩托车结构，轻便两用摩托车脚踏板和脚踏动力传输装置是必不可少的。笔者绘制的具体功能分析见图 1。

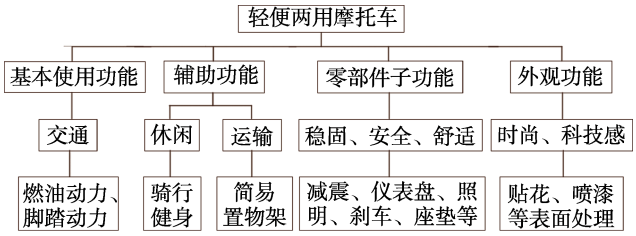

图 1 功能分析

Fig.1 Functional analysis

2.2 样车制作

由于脚踏动力模式的加入，所以功能与结构的特殊性使得轻便两用摩托车在人机尺寸上也有着一定的特殊要求，坐垫高度、车把高度以及脚踏板离地高度等尺寸的设计，不能仅参考现有轻便摩托车的设计尺寸，而应多结合自行车的设计尺寸进行思考。项目组根据国家标准 GB/T 10000-1988 中国成年人人体尺寸[7]，自行车尺寸以及对现有市场中同级别轻便摩托车竞品尺寸进行对比分析，绘制出竞品与样车尺寸对比，见图 2。

设计师分别以燃油动力模式和脚踏动力模式对样车进行产品体验，对样车的人机工程学方面进行特

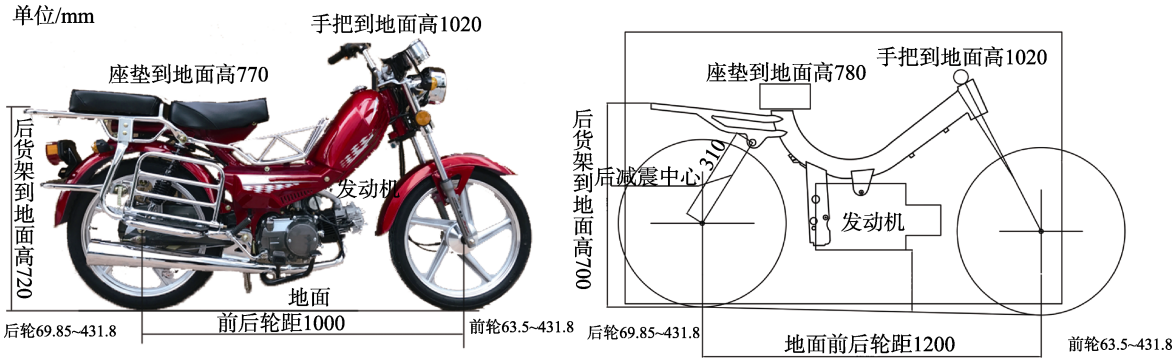

图 2 尺寸对比

Fig.2 Size comparison

别关注，在体验中对人体舒适度影响最大的结构尺寸包括：座垫高度、车把高度与宽度、座垫与车把距离、脚踏板离地距离、脚踏板与座垫距离等，因此设计师由实际体验结合产品零部件标准化的要求，对部分零部件型号、尺寸进行条件约束，如前轮尺寸型号为 63.5~431.8 mm，后轮尺寸型号为 69.85~431.8 mm，前后轮轴距为 1200 mm，车把离地高度为 885 mm，脚踏板离地高度为 120 mm，座垫高度为 780 mm 等，在后期的设计中可根据实际情况进行小幅度调整。

2.3　产品造型意象调研

从顾客满意经营战略的角度来看，“马斯洛需求”中每一个需求层次对应的消费者对产品的要求都不一样，即不同的产品满足不同的需求层次[8]，笔者绘制的需求层次与消费关系见图 3。轻便两用摩托车设计在满足设计要求的基本功能的同时，还需要从安全需求、社交需求等更高层次为企业和消费者考虑，即提高产品价值。

为了更好、更准确地把握用户的消费需求方向，在设计前期，设计师通过问卷调查，从造型、结构、材料、装饰以及品牌形象等 5 个方面进行用户调研，由此确定产品的基本设计风格。

由于轻便两用摩托车的目标用户主要是年轻用户，所以目标用户造型意象调研就选择在重庆市大学城等地进行。调研发放问卷 150 份，有效回收问卷 123 份，有效回收率 83.3%。调研内容主要是了解目标用户对轻便两用摩托车在造型、结构、材料、装饰、品牌形象等 5 个方面的意象评分，每一项赋值 1~5 分，分值对应：完全不重要、不重要、无所谓、重要、非常重要。目标用户的意象打分在一定程度上代表着用户购买产品时的考量因素。在最后调查结果中分别选取两项目标用户最高关注点，轻便两用摩托车造型意象调研见表 1。

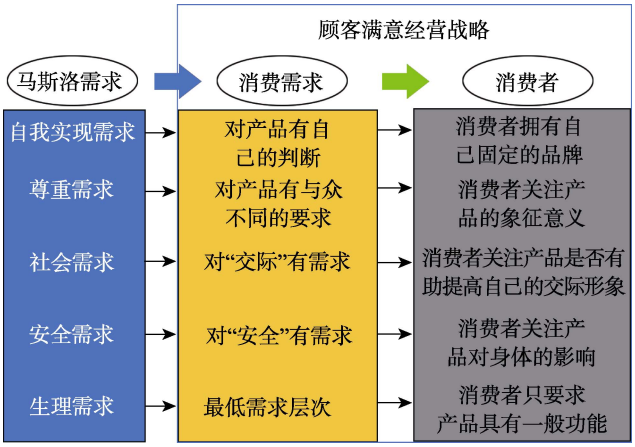

图 3　需求层次与消费关系
Fig.3 Demand level and consumption relationship

表 1　轻便两用摩托车造型意象调研
Tab.1 Research on modeling image of light dual-use motorcycles

	造型		结构		材料		装饰		形象	
意向词	简洁	动感	机械	整体	高档	轻量	年轻	简约	个性	自由
意象评分	4.1	4.5	3.9	4.0	3.9	4.3	4.5	4.2	4.6	4.1

通过产品意象用户调研得出：在造型上，目标用户最为关注的是轻便两用摩托车所呈现的动态感，以及造型元素的简洁性；在结构上更倾向整体简洁不繁琐，并体现出一定的机械感；在材料上偏向轻量化，且具备一定的材料质感；在装饰上“年轻”成为最重要的需求，亮丽年轻的色彩与简约的贴花进行搭配；最后目标用户希望产品在功能上，凸显个性与品位。

3　初步方案

基于以上预防性成本控制下的设计措施，轻便两用摩托车的基本功能、结构、尺寸、风格等内容得以约束，基于此，设计师展开设计构思与初步方案设计，笔者绘制的初步方案见图 4。

方案 1　　方案 2　　方案 3

图 4　初步方案
Fig.4 Preliminary scheme

4 前馈性成本控制下的设计分析

前馈性成本控制是指在产品创新设计阶段，利用现有的最新设计成本消息，对各个设计方案成本进行反复的预测，并将预测结果进行比较，及时修改计划以完善设计方案[9]。在轻便两用摩托车创新设计阶段中，有效的前馈型成本控制手段，包括结合生产技术、设备、工艺、质量、性能、功能等各方面内容，针对造型、结构、材料、装饰等 4 个主要方面展开分析与比对。

4.1 产品结构分析

产品合理的结构对功能、造型、人机尺寸以及企业批量生产都有着很大的影响。合理的结构也包括合理的加工流程，减少产品加工程序，从而减少生产成本。影响轻便两用摩托车结构和生产流程的因素，主要体现在车体与发动机固定结构、后轮平叉与减震器结构、油箱和座垫结构等方面。

首先在车体与发动机固定结构上，笔者绘制的发动机固定结构见图 5，方案 1 采用了部分拼焊加以外壳覆盖的结构，发动机中部半嵌入车体，可以非常好地稳固和保护发动机，但是存在作业难度高、零部件数量较多、材料用量多、成本高等问题；方案 2 采用内置车体钢架、外部安装 ABS 材质外壳、发动机内嵌入车身的结构，相比方案 1 有效降低了加工难度，但是增加了零部件与材料的数量以及加大了作业量，进而导致了成本的增加；方案 3 为左右翻模拼焊式车体，发动机是悬挂结构，通过螺栓将发动机固定在车身底部，有效解决了以上两个方案中耗费材料多、零部件多以及作业难度高等问题，有效减少了整体结构的成本，但是减弱了发动机安装时的稳固性和对零部件的保护性。

其次在后轮平叉与减震器结构上，笔者绘制的后轮减震结构见图 6，方案 1 采用三角形一体式平叉与单减震器，具有非常好的稳定性和坚固性，但材料成本高，且由于减震器内嵌入车体中，作业与时间成本都较高；方案 2 采用了相对简单、整体的结构设计，材料有所减少，减震器内嵌在后轮平叉与座垫支撑架之间，安装较复杂，作业成本高；针对前两个方案中存在的问题，方案 3 后轮平叉和减震器综合两者的优点，与车体的安装形成三角形，相比方案 1 和方案 2，结构更为简单，节省了材料，也节省了作业时间。

方案 1　　方案 2　　方案 3

图 5　发动机固定结构

Fig.5 Fixed structure of engine

方案 1　　方案 2　　方案 3

图 6　后轮减震结构

Fig.6 Rear wheel damping structure

最后在油箱和座垫结构上，笔者绘制的方案左后侧视见图 7，方案 1 采用外部整体式外壳，内部支撑架结构，坚固性好且外观整体性高，但在结构上相对复杂且材料使用较多，加工难度大，进而增加物质成本和人工成本；方案 2 与方案 3 放弃了传统的独立油箱，将车体与油箱合为一体，节省了内嵌独立式油箱的成本。在座垫结构上，方案 1 座垫内部支撑与车身焊接成一体，外部覆盖外壳，上部安装座垫海绵，结构较多且安装作业成本高；方案 2 和方案 3 采用更简单的支撑架结构，方案 2 内嵌入车体中，安装固定简单，而方案 3 则焊接在车体上，相比方案 2 的材料有所减少，但作业复杂，加工成本高。

方案 1　　方案 2　　方案 3

图 7　方案左后侧视

Fig.7 Left backside view of the scheme

4.2　产品造型与人机尺寸分析

产品造型是产品创新设计的重要呈现内容，不仅仅包括设计形态元素，还包括人机尺寸。合理的形态与人机尺寸对产品成本有着很大的影响，主要体现在以下方面。

第一是良好的造型能够提升用户的体验，增强结构的合理性，同时合理的造型能够降低加工的复杂度，减少加工程序和作业成本。笔者绘制的方案侧视见图 8，方案 1 车身采用了非常平整的包裹设计，过于平面化，造型元素缺少改变，虽然成本低但是过于追求简洁，且在“机械感”方面表现较弱；方案 2 相比方案 1，通过切面元素体现出了更多的变化，在发动机固定处使用了“挂钩式”设计元素，尝试呈现出一种可靠和稳定感，但是由此也会增加生产成本和作业成本；方案 3 相较于方案 1，造型更简洁的同时，运用了更富有立体化的造型元素，没有类似方案 2 中多余的造型元素修饰，整体造型协调、元素适当、富有变化。

方案 1　　方案 2　　方案 3

图 8　方案侧视

Fig.8 Side view of the scheme

第二是科学合理的人机尺寸能够提高用户的体验舒适度，满足用户对产品舒适性的需求，以此提升产品的体验价值。

轻便两用摩托车由于其动力模式的特殊性，要考虑到脚踏骑行状态下的舒适度，所以座垫的高度成为人机尺寸的核心。一般摩托车的坐垫高度在 710~800 mm，当在坐姿状态下，膝盖内弯角度呈略弯 30°，座垫位置比一般位置再往前移动 50 mm，在脚踏骑行状态下不仅有较好的踩踏效果，骑起来也更舒适省力。南美地区男子的基本身高尺寸平均值 $H = 1694$ mm，得出腿长 = 大腿长（$L4 = 0.232H$）+ 小腿长（$L5 = 0.247H$）= 811 mm，结合车把手高度、车把手与座垫距离和角度、座垫与脚踏板距离等参数，通过模拟体验得出方案 3 在人机尺寸上更加合理、舒适。

4.3　产品材料与工艺分析

产品材料与工艺决定了产品的基础硬件成本和加工难度，对成本的影响最为直接。材料的选择与加工工艺决定了最终产品的呈现效果，因此在选择材料与工艺时要时刻关注目标消费者的审美需求。此外选取合适的材料与工艺，能够有效提升产品的识别度，控制生产成本，降低产品次品率风险等。由于轻便两用摩托车的车轮、车把、发动机等采用成品零部件，而产品创新设计能够决定的最主要材料，集中在主车体与座垫的材料使用上。

如图 8，方案 1 采用内置钢架车体，外部覆盖 ABS 材质外壳，整体车身坚固稳定，但外壳工艺与安装较复杂，且成本高；方案 2 和方案 3 在材料选择上都选用钢板为车架材料，采用非常成熟且满足使用强度需求的冲压、拼焊工艺，避免了方案 1 的缺点；方案 1 和方案 2 采用的都是亮光漆表面处理工艺，而方案 3 的车体采用哑光漆表面处理工艺，哑光漆相比亮光漆，具备价格较低、更耐油污、保养简单、基面要求低等优势。方案 1~3 的座垫都是采用外部 PU 人造

革、内部海绵的设计；方案 1 座垫支架采用内部钢架，外部 ABS 材质外壳，方案 2 和方案 3 的座垫支架采用铁材质。以上几个方面都对成本控制有影响，但方案 3 有效解决了其余方案的缺陷，具备一定的优势。

4.4 产品色彩与贴花装饰

色彩与贴花装饰对产品成本的影响主要体现在几个方面：一是与造型装饰相比，色彩与贴花装饰同样能够达到丰富设计的作用，且成本更低；二是色彩与贴花装饰借助设计构成、色彩等元素表达的内容更加丰富，既能够帮助设计师表达出设计思想，也能够表达出设计的产品风格定位与文化含义，是提升产品价值的最直接表现[10]；三是从产品加工的角度出发，色彩与贴花装饰的设计要衡量产品造型形态、装饰面积与位置等因素，适当的色彩与贴花装饰设计能够避免成本浪费。色彩与装饰见图 9，3 个初步方案在色彩与贴花装饰设计上各具特色，但由于色彩与贴花内容在具体生产阶段具有很大的可调性，所以初步方案中运用的贴花方案，不代表最终的设计效果，本部分的成本分析也主要从上述 3 个方面中的第一个和第三个方面来进行。

方案 1　　方案 2　　方案 3

图 9　色彩与装饰
Fig.9 Color and decoration

如图 9，方案 1 的造型上尽管缺乏变化性的造型装饰，但原本过于平面化的造型反而为色彩与贴花装饰提供了很好的装饰空间，通过色彩与贴花的装饰，改善了造型上的呆板与平凡，使整体设计效果富有变化与个性，且加工简单，展示效果好，通过价格更低的色彩与贴花装饰大大减少了造型装饰成本；方案 2 的造型装饰运用较多，因此色彩与贴花装饰内容相对简洁，但由于侧面展示小，所以采用的是车身整体喷绘工艺来提高色彩与贴花装饰的视觉效果，由此也就增加了加工难度和制作成本；方案 3 在造型装饰上结合结构运用得比较适当，基于此，色彩与贴花装饰运用得比较少，主要集中在车体油箱两侧，对造型装饰具有很好的突出作用，同时由于造型原因，所以色彩与贴花装饰较为简单，加工成本在 3 个方案中最低。

4.5 成本构成对比

设计组成员针对 3 个初步方案的结构、造型与人机尺寸、材料与工艺、色彩与贴花装饰等方面的材料费、加工费成本进行预算和对比分析，包括构成成本与总成本，笔者绘制的初步方案预算成本构成对比见图 10。

由图 10 的预估成本结果得出，经过成本控制分析与改进，方案 3 在总成本与构成成本中最低，而方案 2 总成本最高，方案 1 次之。预算成本的结果与对比，作为一种预见性的反馈，将对方案评审与决策有很大的参考性作用。

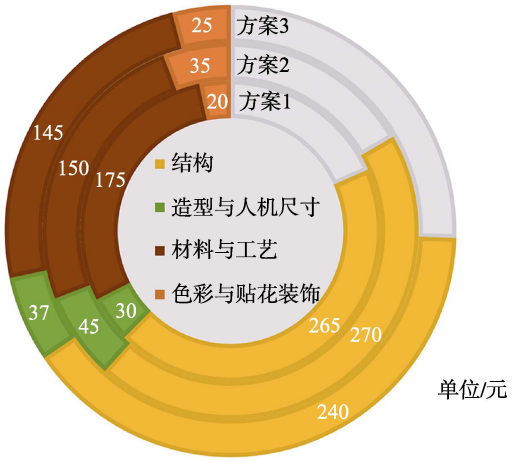

图 10　初步方案预算成本构成对比
Fig.10 Comparison on budget cost of the preliminary scheme

4.6 方案满意度评价与方案决策

基于以上方案成本分析与改进，为减少方案设计评价的主观性和随意性，由设计师、工程师、销售、生产人员、目标用户等组成评审小组，对 3 个初步方案展开满意度量化评价，评价指标即结构、造型与人机尺寸、材料与工艺、色彩与装饰等 4 个方面，综合成本控制与设计创新两个因素进行评价[11]。满意度评价采用 0~10 分制，分值越高代表该项满意度越高。最终通过数据统计分析，得出方案满意度评分，见图 11。

由图 11 得出，综合满意度评价平均分是 8.1 分

的方案 3 为最高分，其次是 7.9 分的方案 2，最次是 7.5 分的方案 1。综合以上产品创新设计阶段的成本控制分析，结合对设计创新因素的考量以及方案满意度评价，设计师确定方案 3 为最终设计方案，并进行细节优化与完善，最终方案展示见图 12。

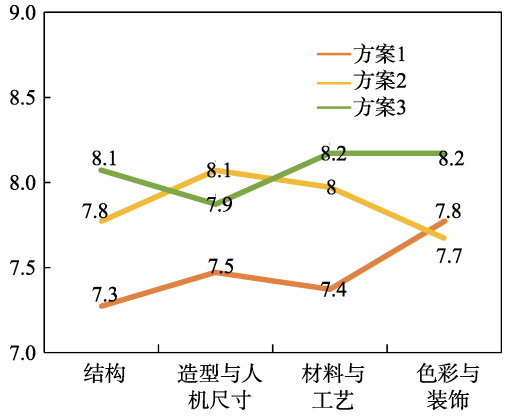

图 11　方案满意度评分
Fig.11 Scheme satisfaction score

图 12　最终方案展示
Fig.12 Final presentation

5　结语

在轻便两用摩托车产品创新设计阶段，综合成本控制与设计创新两个因素，以预防性成本控制与前馈型成本控制为手段，对设计方案进行分析与改进，有效控制产品成本的同时保证了方案的设计创新性，达到权衡设计创新、功能、成本之间关系的目的。以此案例拓展了在产品创新设计阶段，成本控制约束下的创新设计新思路，对产品开发创新设计有一定的实际指导意义。

参考文献：

[1] 韩庆兰，罗娟. 机械产品并行成本估算研究[J]. 财会月刊, 2007(23): 32—34.
HAN Qing-lan, LUO Juan. Research on Parallel Cost Estimation of Mechanical Products[J]. Finance and Accounting Monthly, 2007(23): 32—34.

[2] 曾庆良，万丽荣，熊光楞，等. 基于并行工程的产品成本评估系统研究[J]. 清华大学学报(自然科学版), 2003(3): 406—409.
ZENG Qing-liang, WAN Li-rong, XIONG Guang-leng, et al. Product Cost Evaluation System Based on Concurrent Engineering[J]. Journal of Tsinghua University(Science and Technology), 2003(3): 406—409.

[3] 李定安. 成本管理研究[M]. 第一版. 北京：经济科学出版社, 2007.
LI Ding-an. Research on Cost Management[M]. First Edition. Beijing: Economic Science Press, 2007.

[4] 王军. 基于成本控制的产品设计创新管理[J]. 设计艺术研究, 2014, 4(3): 21—25.
WANG Jun. Innovative Product Design Management Based on Cost Control[J]. Design Art Research, 2014, 4(3): 21—25.

[5] 万寿义. 防护性控制——成本控制的一种新思路[J]. 财会学习, 2006(3): 22—24.
WAN Shou-yi. Protective Control: a New Idea of Cost Control[J]. Accounting Learning, 2006(3): 22—24.

[6] 胡树华. 产品创新管理——产品开发设计的功能成本分析[M]. 北京：科学出版社, 2000.
HU Shu-hua. Product Innovation Management: Functional Cost Analysis of Product Development and Design[M]. Beijing: Science Press, 2000.

[7] GB 10000—1988，中国成年人人体尺寸[S].
GB 10000-1988, Body Size of Chinese Adults[S].

[8] 吴照云. 市场营销[M]. 北京：经济管理出版社, 2012.
WU Zhao-yun. Marketing[M]. Beijing: Economic Management Press, 2012.

[9] 高艳. PDM 在产品设计阶段的成本控制应用研究[D]. 长沙：中南大学, 2007.
GAO Yan. PDM in the Product Design Stage of Cost Control Applications[D]. Changsha: Central South University, 2007.

[10] 唐笑非. 色彩在文化创意产品设计中的作用及情感表达[J]. 包装工程, 2017, 38(4): 38—41.
TANG Xiao-fei. The Role of Color in Cultural and Creative Product Design and Emotional Expression[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(4): 38—41.

[11] 李奋强，常慧贞，郭延鑫，等. 基于顾客满意度的产品概念设计评价研究[J]. 包装工程，2016，37(24): 17—21.
LI Fen-qiang, CHANG Hui-zhen, GUO Yan-xin, et al. Evaluationon Product Conceptual Design Based on Customer Satisfaction[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(24): 17—21.