多维 KE 模型下品牌意象驱动的农机装备外观设计

杨波，吕中意，武秋雨，李柏春
（成都理工大学工程技术学院，四川 乐山 614000）

摘要：目的 基于品牌意象与多维 KE 模型完成农机装备外观设计研究。**方法** 以 KANO 分析明晰品牌意象，建立外观设计目标；以多维 KE 模型解构外观特征，运用层次分析确立主特征及其权重，建立关键特征框架；基于目标、主特征与工程技术要素相关分析，建立外观设计质量功能配置屋；以发散性创新与收敛性优化递进思路完成农机装备外观设计。**结果** 建立了 KANO 分析、多维 KE 模型、层次分析、质量功能配置理论融合应用的农机装备外观设计策略。**结论** 基于品牌意象与多维 KE 模型的农机装备外观设计有助于建立该类产品统一鲜明的族群形象，提升产品市场竞争力，助力农机装备品牌发展。

关键词：工业设计；农机装备；品牌意象；多维 KE 模型；外观设计；采茶机
中图分类号：TB472 **文献标志码：**A **文章编号：**1001-3563(2023)24-0101-11
DOI：10.19554/j.cnki.1001-3563.2023.24.012

Agricultural Machinery Equipment Exterior Design Driven by Brand Image under Multidimensional KE Model

YANG Bo, LYU Zhong-yi, WU Qiu-yu, LI Bai-chun
(The Engineering & Technical College of Chengdu University of Technology, Sichuan Leshan 614000, China)

ABSTRACT: The work aims to research the exterior design of agricultural machinery equipment based on brand image and multidimensional KE model. KANO was used to analyze the user's demand for brand image and establish the exterior design goal. Based on multidimensional KE model, the design features were deconstructed. The main features and their weights were determined by analytic hierarchy process (AHP). Based on the correlation analysis of goals, main features and engineering technology elements, a quality function deployment (QFD) house was established. The exterior design of agricultural machinery equipment was completed by divergent innovation and convergence optimization. The exterior design strategy of agricultural machinery equipment based on KANO analysis, multidimensional KE model, hierarchical analysis and quality function allocation theory was established. The exterior design of agricultural machinery equipment based on brand image and multidimensional KE model can establish a unified and distinct ethnic image of such products, improve the market competitiveness of products, and help the brand development of agricultural machinery equipment.

KEY WORDS: industrial design; agricultural machinery equipment; brand image; multidimensional KE model; exterior design; tea picking machine

农机装备指在农业、畜牧业生产过程中协助耕作、收获及初加工的机械产品，是实现乡村振兴战略的重要物力投入要素。“十三五”期间，在相关政策及信息化、智能化、创新设计等技术的支持下，我国农机化水平从“十二五”末期的 63%提升至 71%[1]，机具的普及推动产业进入精细化创新阶段[2]，呈现出“一宏一专一短板”特征。“一宏”：在宏观层面，开展增品种、提品质、创品牌行动[3-4]，大型企业由单机制造向成套装备集成转变；中小企业向“专、特、精、新”方向发展。“一专”：在专业技术创新层面，产学研界投入较大，研发对象、技术较为多元[5-6]，精准机具、多功能机具等受到较多跟踪拓展，产品的

收稿日期：2023-07-30
基金项目：成都市哲学社会科学重点研究基地美丽乡村建设与发展研究中心项目“品牌意向驱动的农机装备外观设计研究”（CCRC2022-1）；成都理工大学工程技术学院设计促进中心项目“面向丘陵地区的农机装备设计研究”（2022Sj001）

“机能”与适用面得到了提升[7-8]。持续性技术创新与应用推动着农机装备从“产品中心”的功能型竞争向“用户中心”的族群化、品牌性竞争转变[9]。“一短板”：当前农机装备的创新研究集中于性能提升，比较缺乏体验、审美和品牌意识[10]，呈现出外观特征识别性弱、品牌同质化竞争严重等问题[11]。部分研究关注到了农机装备的品牌建设与外观设计，但常就技术应用、单一问题提出对策，如韩宇翃等[12]应用眼动追踪技术设计斜插式穴盘苗嫁接机外观，刘力[13]应用核心控制算法整合设计割草机外观，余冰清[14]应用3DMAX 建模优化插秧机外观，张建超等[15]应用色彩心理学优化捆草机外观，李星慧[16]从人机工学出发改进农用拖拉机造型等，关注用户认知、品牌意象并进行意象分析及创新设计的研究较少。

针对当前问题，本文以品牌意象分析确立农机装备外观设计目标，依托感性工学中的多维 KE 模型确立关键设计要素，依托质量功能配置理论分析关键要素与工程约束之间的相关性，以此指导农机装备外观设计，提升此类工作的科学性、合理性及品牌建设水平。以某企业单人手持式电动采茶机外观设计为例进行实践，验证该思路的合理有效。

1 研究思路及方法

随着农机性能的不断提升及农机化的普及，农机消费由过去生产导向的卖方市场形态，转变为如今用户导向的买方市场形态，“机能”不再是唯一的重点，产品背后的“品牌意象”越来越受到重视[17]。品牌意象是用户在接触产品或服务后的购买、使用过程中形成的对产品或服务明确且统一的族类形象认知，其内含的良好体验、信任与忠诚将强化用户的自我表达，形成可重复的象征性、人格化和区别性消费[18]。1997 年，戴维森提出“品牌冰山”理论并指出由品牌文化、价值观等构成的认知意象占据着“品牌冰山”水下 85%的部分；水上的 15%则是各项客观属性构成的品牌标识记号，其基于用户理解感知传达水下的品牌文化与价值观念[19]。产品是品牌文化的核心载体，其整体形态、构造布局、色彩与涂饰等外观要素是其基本客观属性，也是品牌意象感知的直接触点，构成了品牌文化的水上“显性通道”；这些属性所激发的产品语义、共鸣情感等内隐信息则构成了品牌文化的水下“隐性基因”。如图 1 所示，对品牌构建下的农机装备外观设计来说，强化“隐性基因”是核心目标，建立更具鲜明特征和良好体验的“显性通道”是关键路径。因此，设计应关注用户的品牌意象感知特征，借助创意与整合手段建立鲜明统一且排他的产品族群形象。

品牌意象源于用户感性认知，且依托的产品常具有强烈的模糊性和多样性。在此类感性信息中挖掘品牌意象，探寻农机装备品牌的“隐性基因”成为本文的核心目标之一。产品外观既涉及线、面、色彩、材质，也涉及符号、布局、比例等，解析农机装备外观特征、建立品牌意象与特征之间的认知映射、确立设计的关键“显性通道”，并以此指导设计实践，成为本文的核心目标之二。为探究这两个目标的实现路径，本文基于 KANO 分析、多维 KE 模型、QFD 理论等，以图 2 所示的思路及方法开展探索。

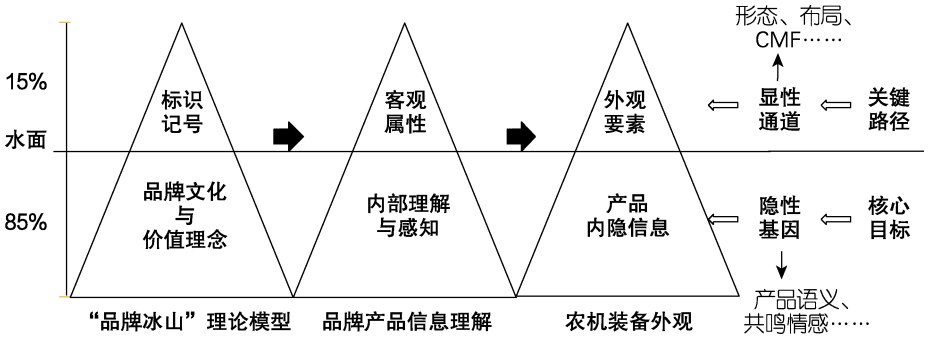


图 1 农机装备外观传递品牌文化的推导

Fig.1 Derivation of brand culture on appearance of agricultural machinery equipment

2 品牌意象分析

2.1 品牌意象样本确立

品牌意象样本指可代表该品牌特征的典型产品，其合理性影响着意象需求分析的准确性，一般由企业决策者、资深设计师及市场营销主管等专家共同选择。对缺乏品牌规划的中小企业来说，品牌意象样本不仅应包含本企业的核心产品族，还应根据市场现状、企业发展目标适当加入行业领军者产品，以形成对自身特色和行业趋势的双重观照，提升意象分析的合理性和先进性。

2.2 品牌意象词汇获取及聚类

品牌意象词汇指产品族类形象认知词汇，常为感性语义的集合。为保证后续意象聚类的完整性，需建立较宽泛的感性语义空间。词汇获取的途径有多种，其中问卷调查、访谈法等是常用的方法。采用焦点小组对宽泛的感性词汇进行聚类，其方法为：（1）将感

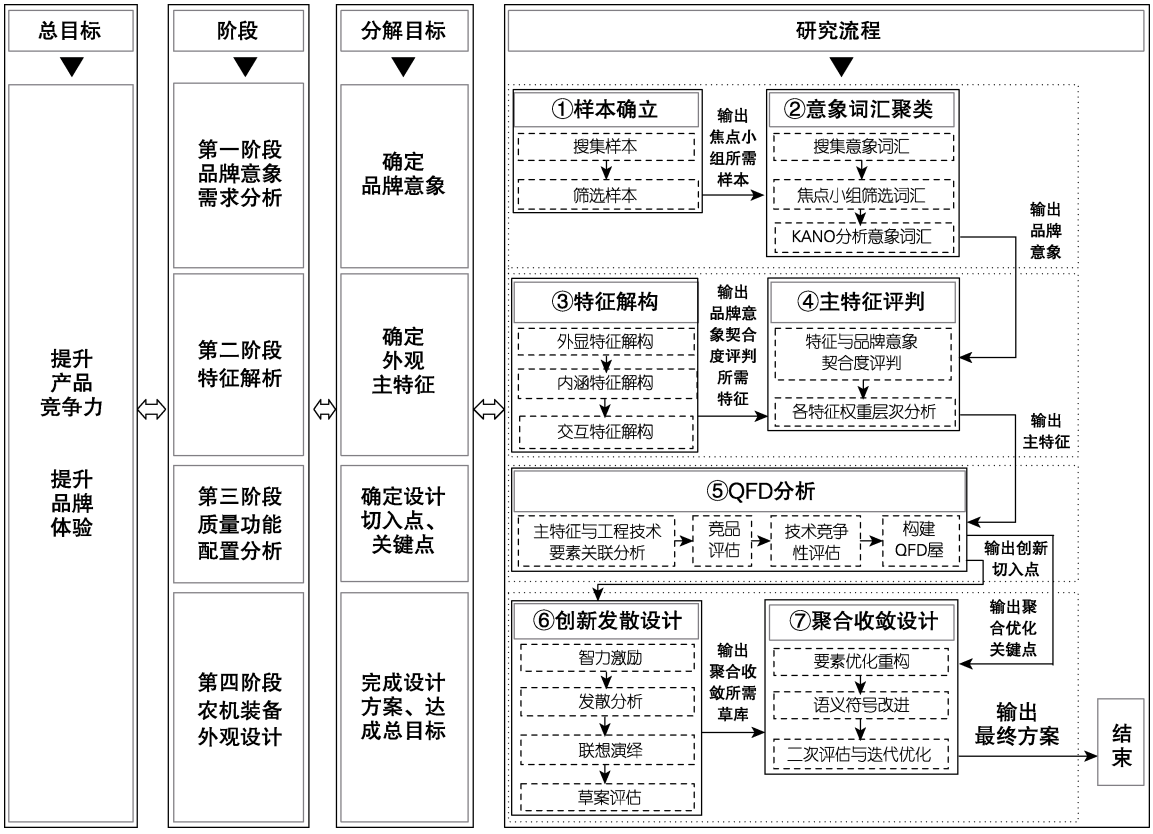


图 2　农机装备外观设计研究思路与方法

Fig.2 Research ideas and methods for exterior design of agricultural machinery equipment

性词汇中的不合理及相近词汇剔除，列出初阶语义词汇组；（2）将品牌意象样本按照“展示规格一致、形象充分表达”原则整理并对焦点小组进行展示，小组人员评估初阶语义词汇与所示产品形象的契合度，以李克特 5 阶量表记录评估结果，评估数据均值≧3 的语义纳入进阶语义词汇：

$$Z=\{z_1,z_2,\cdots,z_n\} \tag{1}$$

式中：Z——进阶语义词汇集合；z_n——第 n 个进阶语义词汇。

2.3　进阶语义词汇耦合分析及解耦

为准确指导设计方向，品牌意象词汇需满足“高聚类、低耦合”的应用要求，进阶语义词汇来自焦点小组对初阶词汇的聚类，符合“高聚类”要求，但在“低耦合”层面仍需进行分析。在语义耦合研究中，邬宏伟等[20]提出的基于有向图进行耦合分析及解耦的方法操作简便且结果可靠，适宜于进阶语义词汇耦合分析及解耦，其流程为：（1）建立语义耦合判断矩阵并将其转化为有向图；（2）分析有向图，遴选全部闭合路径；（3）根据闭合路径明确最小耦合项集的集合元素；（4）消除非对角项，实现解耦。解耦后的语义纳入高阶语义词汇，则有：

$$G=\{g_1,g_2,\cdots,g_m\} \tag{2}$$

$$G\subseteq Z \tag{3}$$

式中：G——高阶语义词汇集合；g_m——第 m 个高阶语义词汇。

2.4　基于 KANO 分析确立品牌意象

KANO 分析是基于用户对产品或服务满意度的一种意象挖掘方法[21]。针对前文所聚类并解耦的高阶语义词汇组应用 KANO 分析：（1）基于每个高阶词汇正反选项设计 KANO 问卷，进行问卷发放与填写；（2）回收问卷并将有效问卷中的正反选项频数填入分类评价表；（3）计算各需求的 Better-Worse 系数，其中 Better 的数值（B_i）通常为正，表示如果符合该语义，品牌意象越准确，B_i 值越接近 1，该语义词汇的吻合对品牌意象的影响越大；Worse 的数值（W_i）通常为负，表示如果不符合该语义，品牌意象的准确度会降低，$|W_i|$越趋向于 1，该语义词汇的不吻合对品牌意象的影响越大；（4）根据表 1 明确各语义词汇类型，应在满足基本意象的基础上，优先满足期望意象，其次满足兴奋意象。

表 1　品牌意象类型分类规则表

Tab.1 Classification rules of user brand image demand type

品牌意象类型	Better-Worse（B_i-W_i）系数	
	Bi	$\|W_i\|$
基本意象	低	高
期望意象	高	高
兴奋意象	高	低
无差异意象	低	低

3 农机装备外观特征解析

产品特征指本产品区别于其他客体的特点，产品的外观特征则主要指产品独特的关键形态符号及与之匹配的交互逻辑等[22]。感性工学（KE）是量化用户感性认知并将其映射于产品特征的有效方法，诸多学者不断优化 KE 模型，构建了较完善的多维 KE 模型与全局解析方法[23]，适应于农机装备外观特征解构与评判。如图 3 所示，基于多维 KE 模型的农机装备外观特征解析包含特征解构、主特征评判两个关键步骤。

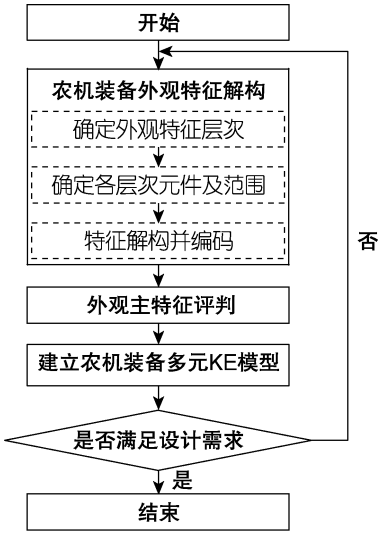


图 3 基于多维 KE 模型的农机装备外观特征解析

Fig.3 Analysis of agricultural machinery equipment appearance characteristics based on multidimensional KE model

3.1 农机装备外观特征解构

感性工学研究中常将视听触所感知及操控所使用的相对独立的最小单元定义为人机界面元件（HIEs，Human Interface Elements）[24]。唐纳德·诺曼在《设计心理学》中提出设计的本能、行为和反思三层次理论，不仅为认知产品提供了清晰指引，也为产品特征解构提供了借鉴框架。基于此，将农机装备外观特征分为本能、行为、反思三层次及形色质、功能部件、文化象征三类型，如图 4 所示，“形色质”特征主要包含形态、色彩、材质元件，涉及主辅型面、尺寸及比例关系、主辅色、材料等；“功能部件”特征主要包含功能输入、反馈输出及交互逻辑元件，涉及按键旋钮、视听触嗅反馈、交互逻辑等；“文化象征”特征主要包含符号语义、情感文化元件，涉及主体概念、品牌符号等。

3.2 农机装备外观主特征评判

外观主特征是产品外观设计中重点考虑的要素。现有主特征评判研究多立足于感性词汇与特征间的线性关系，采用线性回归分析，适用于功能结构较单一、外观特征较单纯的产品。农机装备外观特征受复杂人机操作及多重工程技术约束，其与品牌意象之间未必为线性关系，本文采取结合品牌意象权重修正系数的层次分析，一方面避免简单的关系预设对主特征评判造成干扰，另一方面以修正系数提升权重的合理性，其方法为：（1）以 5 阶李克特量表评估外观特征与品牌意象之间的契合度，评估得分加权平均值≧3 的特征纳入相关特征集合；（2）基于品牌意象层次分析相关特征集合，确定各特征对各意象的影响权重，影响权重大于均值的为主特征；（3）对主特征进行权重计算，设品牌意象分类权重修正系数为 K，若为基本意象（M），则 Km=2；需求为兴奋意象（E），则 Ke=0.5；需求为期望意象（O），则 Ko=1。则有：

$$Q=\{q_1,q_2,\cdots,q_p\} \tag{4}$$

$$q_p=\sum_{p=1}^{n} d_p*K \tag{5}$$

式中：Q——主特征权重集合；q_p——第 p 个主特征在各品牌意象下的权重总和；d_p——第 p 个主特征在第 n 种品牌意象下的权重；K——品牌意象分类权重修正系数。

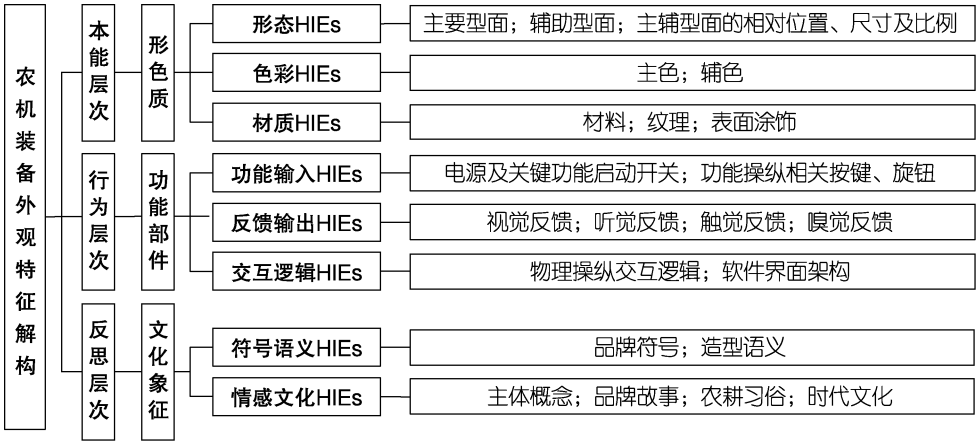


图 4 农机装备外观特征解构

Fig.4 Deconstruction of appearance characteristics of agricultural machinery equipment

4　品牌意象驱动的农机装备外观设计

4.1　农机装备外观设计 QFD 分析

质量功能配置(Quality Function Deployment，QFD)是将品牌意象、外观设计主特征及其重要度与工程技术要素进行相关分析的方法，输出结果为质量功能配置屋，可较精准地指导设计[25]。如图 5 所示，农机装备外观设计质量功能配置屋组成为：(1)外观主特征及其重要度降序排列为左墙；(2)相关工程技术要素为天花板；(3)工程技术要素之间关联分析为屋顶；(4)工程技术要素与外观主特征关联分析为房间；(5)当前竞品评估为右墙；(6)技术竞争性评估及品牌意象为地下室。

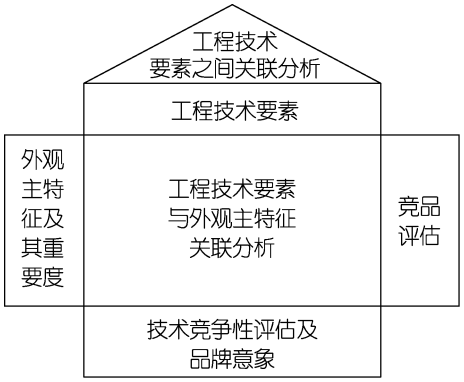


图 5　农机装备外观设计质量功能配置屋
Fig.5 Quality function configuration house for exterior design of agricultural machinery equipment

4.2　发散性创新与收敛性优化设计

农机装备外观发散性创新设计以图 5 所示品牌意象为目标，以左墙的主特征为核心对象，在兼顾工程技术要素要求的基础上提出草案，从较开阔的视角思考设计切入点，并对设计草案进行期望意象、兴奋意象满足度评估，择优确立为较优草案，纳入收敛性优化设计范畴。收敛性优化设计指在品牌意象及工程技术要素要求双约束下对择优的发散性创新草案进行筛选和改进，包括：(1)对较优草案进行工程技术要素综合重构及语义符号改进；(2)对改进后方案进行基于质量功能配置屋引导的二次评估与迭代优化，直至满足品牌意象要求。

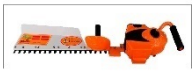
5　以单人手持式电动采茶机为例的设计实践

5.1　项目需求解析及样本确立

以四川某企业单人手持式电动采茶机外观设计为例，实践前述思路与方法。

该企业为针对丘陵地区的农机装备企业(后文简称 A 企业)，长期研发电动小型手持农林机械，其主要产品为电动采茶机、电动高枝锯、电动单刃手持式绿篱机等，当前研发以功能为主，缺乏系统性外观设计研究，在市场竞争中面临产品功能同质化、品牌识别性弱、利润日益压缩等问题。本文以单人手持式电动采茶机为设计对象，以梳理 A 企业品牌意象、逐步建立产品形象为目标，兼顾机具的人机交互、生产可行性及工艺成本进行外观设计研究。品牌意象样本由 A 企业董事长、技术总经理、研发部门资深工程师 2 人、营销部主管、工业设计师 2 人共 7 名专家共同确定。鉴于电动小型手持农林机械领域中，日本质造、德国道什威尔及国产品牌迈越、进军等有较大的市场竞争优势，且 A 企业缺乏品牌设计规划，当前产品呈现出造型意识不足、色彩及质感杂乱等问题，在 A 企业 7 项代表性产品之外，增补行业领军者的电动手持式采茶机，以保证样本传达自身特色和行业趋势，见表 2，将全部样本编码为 y_1~y_{11}。

表 2　品牌意象样本
Tab.2 Sample brand images

品牌	产品名称	编码	产品图示
A 企业	电动单刃手持式绿篱机	y_1	
	电动多功能高枝锯	y_2	
	电动手持式绿篱机	y_3	
	电动手持式打草机	y_4	
	电动伐条锯	y_5	
	电动手持链锯	y_6	
	电动手持式采茶机	y_7	
迈越	电动手持式采茶机	y_8	
进军	电动手持式采茶机	y_9	
道什威尔	电动手持式采茶机	y_{10}	
质造	电动手持式采茶机	y_{11}	

5.2 品牌意象获取

基于农户访谈、A 企业专家对本企业品牌意象的目标、理解与期望等内容访谈、网购平台信息检索、企业宣传信息检索、机具宣传手册查阅等方式，获取电动小型手持式农林装备品牌感性词汇库为{速度，现代，科技，品质，丘陵，效率，奔跑，刀锋，协调，张力，包裹，轻量，便携，不生锈，可靠，舒适，轻巧，小巧，质感，贴合手掌，统一，力量，独特，省力，简洁，高效，方便，利落，方正，稳定，安全，稳健，机械，环保，长寿命，灵巧，锋利，便捷，流畅，简约，质感，善良，正直，开放，创新，精细，保护，高速，务实}。以焦点小组方式从以下两个方面对感性词汇库进行聚类整理：（1）语义高聚类低耦合；（2）语义与 A 企业品牌意象期望匹配度较好，得到初阶语义词汇组为{科技，创新，品质，舒适，环保，力量，简洁，高效，便捷，安全，灵巧，流畅}。基于 11 个品牌样本以李克特 5 阶量表对初阶语义词汇进行贴切度评价如表 3，得到品牌意象进阶语义词汇组为{科技，创新，品质，舒适，环保，力量，简洁，高效，便捷，安全}。

表 3 语义词汇组李克特 5 阶量表

Tab.3 Semantic lexical group 5-order Likert scale

初阶语义词汇	李克特 5 阶量表评价均值	是否入选 Z	入选后编码
科技	3.91	是	Z_1
创新	3.36	是	Z_2
品质	3.73	是	Z_3
舒适	3.64	是	Z_4
环保	3.27	是	Z_1
力量	4.27	是	Z_6
简洁	3.09	是	Z_7
高效	3.27	是	Z_8
便捷	3.18	是	Z_9
安全	3.00	是	Z_{10}
灵巧	2.64	否	/
流畅	2.09	否	/

以焦点小组建立进阶语义词汇耦合分析表，语义存在关联的标记为“X”，无关联的标记为“0”；将记录全部关联信息的耦合分析表表转化为有向图，见图 6；从有向图中可见，本图无路径闭合项，因此可确定进阶语义词汇无最小耦合项集，各词汇之间无耦合，全部纳入高阶语义词汇集合。

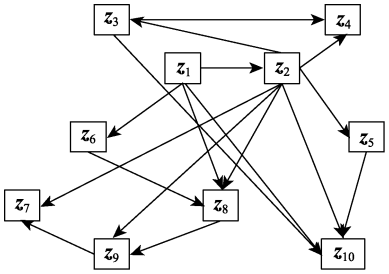


图 6 进阶语义词汇耦合判断有向图

Fig.6 Advanced semantic lexical coupling judgment digraphs

依据前文方法设计 KANO 问卷并面向农户、农机营销人员、采购人员、农机技术员、工业设计师发放问卷 27 份，经回收审核全部有效。将正反选择频数填入分类评价表，据此计算各词汇的 Better-Worse（*Bi-Wi*）系数如表 4，明确本产品的外观设计应在保证“力量、便捷、安全”得到展现的基础上，优先考虑“科技、创新、品质、舒适、简洁”，其次考虑“高效”。

5.3 单人手持式电动采茶机外观特征解构

单人手持式电动采茶机是适应丘陵地区大宗茶叶割采的轻便式农机产品，常为两段式，即茶斗组件前段和手持组件后段，功能控制以物理硬件操作为主，重量、体积均较小，对操作安全性、易用性及与茶叶筐（袋）的匹配性要求较高。A 企业当前的代表性采茶机如表 2 中 y_7 所示，因该产品无操作软件界面，故外观特征解构时略去交互逻辑中的“软件界面架构”。以图 4 所示框架解构该产品，并对各外观特征进行编码如表 5。

邀请农户 2 人、农机营销人员 1 人、采购人员 1 人、农机技术员 1 人、工业设计师 2 人，运用表 1 所示李克特量表评估解构后的 45 个外观特征与表 3 所示品牌意象之间的契合度，评估得分加权平均值≧3 的特征纳入品牌意象相关特征集合，得到相关特征集合{X_1，X_2，X_4，X_5，X_7，X_8，X_{11}，X_{13}，X_{15}，X_{16}，X_{22}，X_{25}，X_{27}，X_{29}，X_{30}，X_{31}，X_{41}，X_{42}，X_{43}}。对相关特征进行基于品牌意象的层次分析，依据式（5）计算各特征对品牌意象的影响权重如表 6，影响权重大于均值的为主特征，可得 A 企业单人手持式电动采茶机的外观主特征为{X_1，X_7，X_{42}，X_{25}，X_{43}，X_4，X_2，X_5}。

表 4 高阶语义词汇组 G 的 Better-Worse 系数

Tab.4 Better-worse coefficient of higher-order semantic word group G

项目	高阶语义词汇组									
	科技	创新	品质	舒适	环保	力量	简洁	高效	便捷	安全
Better 系数（*Bi*）	0.85	0.65	0.74	0.56	0.07	0.44	0.52	0.74	0.30	0.26
Worse 系数（*Wi*）	–0.67	–0.62	–0.63	–0.93	–0.30	–0.81	–0.59	–0.37	–0.81	–0.93
意象需求类型	期望	期望	期望	期望	无差异	基本	期望	兴奋	基本	基本

表 5　单人手持式电动采茶机外观特征结构编码

Tab.5 Structure coding of single hand-held electric tea picking machine appearance characteristics

初阶语义词汇	类别	编码	HIEs 名称	备注
形色质	形态 HIEs	X_1	手持组件侧面	特征面
形色质	形态 HIEs	X_2	手持组件背面	特征面
形色质	形态 HIEs	X_3	手持组件底面	特征面
形色质	形态 HIEs	X_4	把手内弧面	特征面
形色质	形态 HIEs	X_5	茶斗侧面	特征面
形色质	形态 HIEs	X_6	茶斗底面	特征面
形色质	形态 HIEs	X_7	手持组件主体正面轮廓线	特征线
形色质	形态 HIEs	X_8	手持组件主体正面分割线	特征线
形色质	形态 HIEs	X_9	手持组件主体背面轮廓线	特征线
形色质	形态 HIEs	X_{10}	手持组件主体背面分割线	特征线
形色质	形态 HIEs	X_{12}	茶斗主体顶面轮廓线	特征线
形色质	形态 HIEs	X_{13}	手持组件与茶斗连接模式	接合关系
形色质	形态 HIEs	X_{14}	手持组件内部件连接模式	接合关系
形色质	色彩 HIEs	X_{15}	3 种色彩：红、黑、橙	特征单元组数目
形色质	色彩 HIEs	X_{16}	主色：红、橙	元件色彩
形色质	色彩 HIEs	X_{17}	辅色：黑	元件色彩
形色质	材质 HIEs	X_{18}	3 种材料：ABS、不锈钢、PC	特征单元组数目
形色质	材质 HIEs	X_{19}	手持组件外壳材料：ABS	材料
形色质	材质 HIEs	X_{20}	手持组件内部结构及刀片材料	材料
形色质	材质 HIEs	X_{21}	茶斗材料：PC	材料
形色质	材质 HIEs	X_{22}	手持组件外壳及茶斗表面涂渡	表面涂渡
形色质	形态 HIEs	X_{23}	红与橙配色比例	主色配色比例
形色质	形态 HIEs	X_{24}	红+橙与黑比例	主辅配色比例
形色质	形态 HIEs	X_{25}	比例均衡、视觉重心居中	整体布局
形色质	形态 HIEs	X_{26}	茶斗轴线偏向手持组件轴线一侧	知觉单元组间关系
形色质	形态 HIEs	X_{27}	手持组件左右对称	知觉单元组内关系
形色质	形态 HIEs	X_{28}	手持组件外壳半包围	知觉单元组内关系
形色质	形态 HIEs	X_{29}	产品长宽高尺寸	整体尺寸
形色质	形态 HIEs	X_{30}	茶斗长宽高尺寸	局部尺寸
形色质	形态 HIEs	X_{31}	把手直径	局部尺寸
形色质	形态 HIEs	X_{32}	手持组件长度与茶斗长度比例	主体比例
形色质	形态 HIEs	X_{33}	把手长度手持组件长度比例	局部比例
功能部件	功能输入 HIEs	X_{34}	单程开关	切割操作控件
功能部件	功能输入 HIEs	X_{35}	食指实时按压单程开关进行切割操作	控件操作施力大小
功能部件	反馈输出 HIEs	X_{36}	正常工作下的刀片交错	视觉反馈
功能部件	反馈输出 HIEs	X_{37}	开关机声音反馈	听觉反馈
功能部件	反馈输出 HIEs	X_{38}	正常工作下的刀片阻力及机身震动	触觉反馈
功能部件	交互逻辑 HIEs	X_{39}	手指按压单程开关实现开关机及切割操作	物理操纵交互逻辑
功能部件	交互逻辑 HIEs	X_{40}	沿切割方向实现茶斗装茶	物理操纵交互逻辑
文化象征	符号语义 HIEs	X_{41}	企业品牌 logo	品牌符号
文化象征	符号语义 HIEs	X_{42}	“简洁、高效、安全”产品造型	造型语义
文化象征	情感文化 HIEs	X_{43}	“人性化、高效安全”的产品研发理念	主体概念
文化象征	情感文化 HIEs	X_{44}	自主创新的本土品牌	品牌故事
文化象征	情感文化 HIEs	X_{45}	丘陵地区的茶文化与制茶习俗	农耕习俗

表 6　19 项特征对 10 项品牌意象的影响权重

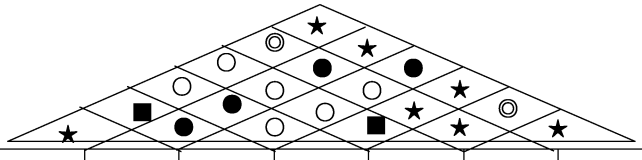
Tab.6 Influence weight of 19 features on 10 brand images

需求（修正 K 值）	品牌意象相关特征影响权重																		
	X_1	X_2	X_4	X_5	X_7	X_8	X_{11}	X_{13}	X_{15}	X_{16}	X_{22}	X_{25}	X_{27}	X_{29}	X_{30}	X_{31}	X_{41}	X_{42}	X_{43}
力量（k=2）	0.137 8	0.056 7	0.1324	0.0436	0.141 5	0.0132	0.012 2	0.016 7	0.013 2	0.011 8	0.012 4	0.126	0.043 6	0.019 4	0.019 9	0.010 3	0.024 6	0.087 9	0.076 8
便捷（k=2）	0.124 3	0.043 2	0.056 4	0.083 8	0.104 3	0.0109	0.068 4	0.054 3	0.021 5	0.019 6	0.024 8	0.088 6	0.042 7	0.018 2	0.012 9	0.030 2	0.018 9	0.064 2	0.112 8
安全（k=2）	0.167 2	0.087 6	0.042 5	0.065 4	0.117 3	0.021	0.055 8	0.010 8	0.054 6	0.052 3	0.057 5	0.054 2	0.032 7	0.020 5	0.014 8	0.019 2	0.022	0.059 4	0.045 2
科技（k=1）	0.183 2	0.065 4	0.056 2	0.058 3	0.163 6	0.043 2	0.048 5	0.042 1	0.010 2	0.010 2	0.022 3	0.064 7	0.041 5	0.012 1	0.010 9	0.010 2	0.032 2	0.057 2	0.068
创新（k=1）	0.156 4	0.062 7	0.046 2	0.052 7	0.146 7	0.017 8	0.042 9	0.045 2	0.056 2	0.048 3	0.053 8	0.062 6	0.024 7	0.014 2	0.010 8	0.010 2	0.042 6	0.057 5	0.048 5
品质（k=1）	0.142 3	0.046 5	0.087 5	0.048 2	0.122 1	0.013 2	0.058 2	0.010 8	0.020 8	0.018 8	0.022 4	0.064 8	0.042 7	0.028 6	0.026 4	0.066 7	0.028 6	0.062 9	0.088 5
舒适（k=1）	0.167 3	0.085 4	0.036 2	0.046 1	0.137 1	0.025 4	0.036	0.043 2	0.013 2	0.010 1	0.056 2	0.075 4	0.050 2	0.022 8	0.021 3	0.012	0.025 4	0.102	0.034 7
简洁（k=1）	0.128 4	0.065 7	0.042 3	0.026 4	0.110 5	0.020 8	0.042 6	0.026 7	0.020 4	0.010 7	0.032 7	0.048 5	0.028 2	0.025 2	0.024 7	0.017 9	0.044 6	0.142 4	0.141 3
高效（k=0.5）	0.198 7	0.082 6	0.062 7	0.053 2	0.148 8	0.021 2	0.073 7	0.012 6	0.011 2	0.010 8	0.064 7	0.032 3	0.029 8	0.022 7	0.018 6	0.040 8	0.022 4	0.062 8	0.030 4
$q_i=\sum_{i=1}^{j} d_i*K$	1.735 55	0.742	0.7623 5	0.643 9	1.480 6	0.221 2	0.537 85	0.337 9	0.305	0.270 9	0.409 15	0.869 75	0.440 2	0.230 45	0.198 6	0.256 8	0.315 6	0.876 4	0.865 8
归一化	0.150 9	0.064 5	0.066 3	0.056 0	0.128 7	0.019 2	0.046 8	0.029 4	0.026 5	0.023 6	0.035 6	0.075 6	0.038 3	0.020 0	0.017 3	0.022 3	0.027 4	0.076 2	0.075 3

5.4　基于 QFD 的单人手持式电动采茶机外观设计

分析工程质量特性要素之间、要素与主特征之间的相关性，以“★”→“极强相关”、“■”→“强相关”、“▲”→“相关”“●”→“弱相关”、“◎”→“极弱相关”、“○”→“不相关”相关度对应符号进行表征。以主特征及影响权重转化的重要度为左墙，以专家访谈、查阅相关技术标准所得工程质量特性为天花板，以前述相关度分析表征符号所示结论为房间，以竞争性评估及品牌意象为地下室，构建单人手持式电动采茶机外观设计 QFD 屋，如图 7 所示。

在外观设计 QFD 屋指引下，以图 7 所示品牌意象为目标，以主特征为核心对象，在兼顾“整机尺寸、重量”等工程技术要素要求下，通过头脑风暴与联想演绎相结合的方式进行发散性创新设计，得到初步设计草案。依据前文品牌意象分类对设计草案进行期望意象、兴奋意象满足度评估，择优纳入优化设计对象范围。依据 QFD 屋对较优草案进行工程技术要素及语义符号重构改进，得到进阶设计草案共 9 个（分别标识为 a~i）如图 8。



主特征		重要度	整机尺寸	整机重量	切割容量	耐用易用	通风散热	技术支持	成本控制	竞争性评估			
										产品A	产品B	产品C	产品D
编码	HIEs名称												
X_1	手持组件侧面	15	★	■	○	★	■	▲	★	9	11	12	13
X_7	手持组件主体正面轮廓线	13	★	■	○	★	■	▲	★	7	8	10	11
X_{25}	比例均衡、视觉重心居中	8	●	●	○	▲	○	▲	▲	7	7	8	8
X_{24}	“简洁、高效、安全”产品造型	7	▲	★	▲	■	■	▲	▲	3	4	6	7
X_{36}	“人性化、高效安全”的产品研发理念	7	▲	★	▲	★	■	★	▲	5	6	6	6
X_4	把手内弧面	7	○	○	○	★	○	▲	■	2	4	6	7
X_2	手持组件背面	6	★	▲	○	■	★	▲	■	2	4	5	5
X_5	茶斗侧面	6	■	■	★	★	○	▲	■	4	5	5	6
累计		69								39	49	58	63
技术竞争性评估		5	本/A/B/C/D	本/B/DD	D	D	本/A/B/C/D	本/A/B/C	本/A	本产品—本；产品A—A；产品B—B；产品C—C；产品D—D			
		4		A/C	B/C	B/C		D	B				
		3			本/A	本/A			C				
		2							D				
		1											
品牌意象			力量、便捷、安全、科技、创新、品质、舒适、简洁、高效										

图 7　单人手持式电动采茶机外观设计 QFD 屋

Fig.7 QFD house for exterior design of single hand-held electric tea picking machine

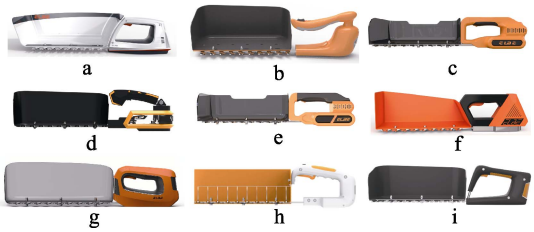


图 8　进阶设计草案

Fig.8 Advanced design draft

邀请前述农户、营销人员、农机技术员等对进阶设计草案进行二次评估与分析，筛选方案 g、h 进行深入优化以修正较劣特征，主要优化内容为局部形态、色彩、茶斗尺寸及材质、单程开关施力大小与触觉反馈调整、散热空间尺寸等。方案 g、h 深入设计结果，如图 9 所示，经试制样品并进行终案评选，方案 g、h 的李克特 5 阶评价结果分别为 4.38、4.17，因此选择方案 g 为本项目最终方案。

a 方案g b 方案h

图 9 深入设计方案

Fig.9 Depth design draft

6 结语

农机化水平的大幅度提升及相关科技应用的日益深化，使农机装备的市场竞争逐渐从“机能”转向“体验”，创新研发从技术驱动转向认知驱动。品牌意象源于用户对企业的产品族群形象认知，对产品体验满意度、象征性与人格化消费的影响不容忽略。外观要素是产品的基本客观属性，是品牌意象感知的直接触点。本文针对当前农机装备外观设计关注度不足、品牌意象系统性分析不足问题，提出基于 KANO 分析建立品牌意象驱动下的外观设计目标、基于多维 KE 模型及层次分析确立外观设计主特征、基于质量功能配置理论指导农机装备外观设计的系统性策略，将农机装备外观设计引向品牌建设下的产品形象创新，既可以提高本产品的市场竞争力，又可以逐步建立统一鲜明的族群形象，助力农机装备领域自主品牌的发展。

参考文献：

[1] 方师乐，黄祖辉. 新中国成立 70 年来我国农业机械化的阶段性演变与发展趋势[J]. 农业经济问题，2019, 40(10): 36-49.
FANG Shi-le, HUANG Zu-hui. 70th Anniversary of the Founding of the PRC: The Transition, Influence Factor and Trend of China's Agricultural Mechanization[J]. Issues in Agricultural Economy, 2019, 40(10): 36-49.

[2] 国务院. 国务院关于加快推进农业机械化和农机装备产业转型升级的指导意见[J]. 机械工业标准化与质量, 2019(4): 23-27.
GUO Wu-yuan. The Guide Opinion on Accelerating Agricultural Mechanization and Transforming and Promoting Agricultural Equipment Industry from the State Department[J]. Machinery Industry Standardization & Quality, 2019(4): 23-27.

[3] 邱变变. 现代农机装备人机工程设计评价方法研究[D]. 扬州：扬州大学, 2018.
QIU Bian-bian. Research on Evaluation Method of Equipment Ergonomics Design in modern agricultural machinery[D].Yangzhou: Yangzhou University, 2018.

[4] 杨涛，李晓晓. 农机自动驾驶系统研究进展与行业竞争环境分析[J]. 中国农机化学报，2021，42(11): 222-231.
YANG Tao, LI Xiao-xiao. Research Progress of Agricultural Machinery Autopilot System and Analysis of Industry Competition Environment[J]. Journal of Chinese Agricultural Mechanization, 2021, 42(11): 222-231.

[5] 郭亭. 基于境-人-技-物四维体系的山地农机设计研究[D]. 成都：西华大学, 2021.
GUO Ting. Research on the Design of Mountain Agricultural Machinery Based on the Four-dimensional System of Environment-people-technology-object[D]. Chengdu: Xihua University, 2021.

[6] 罗锡文，廖娟，臧英，等. 我国农业生产的发展方向：从机械化到智慧化[J]. 中国工程科学，2022，24(1): 46-54.
LUO Xi-wen, LIAO Juan, ZANG Ying, et al. Developing from Mechanized to Smart Agricultural Production in China[J]. Strategic Study of CAE, 2022, 24(1): 46-54.

[7] 吴先坤，李兵，王小勇，等. 单人背负式采茶机的设计分析[J]. 农机化研究, 2017, 39(8): 92-96, 101.
WU Xian-kun, LI Bing, WANG Xiao-yong, et al. Design and Analysis of Single Knapsack Tea Plucking Machine[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2017, 39(8): 92-96, 101.

[8] 吴先坤. 履带自走式采茶机的设计与试验研究[D]. 合肥：安徽农业大学, 2017.
WU Xian-kun. Design and Experimental Study on Self-propelled Tea-picking Machine[D]. Hefei: Anhui Agricultural University, 2017.

[9] 刘勤. 全球农机装备专利技术信息分析及启示[J]. 华中农业大学学报(社会科学版), 2020(2): 153-160, 170.
LIU Qin. Analysis and Enlightenment of Patent Technology Information on Global Agricultural Machinery and Equipment[J]. Journal of Huazhong Agricultural University (Social Sciences Edition), 2020(2): 153-160, 170.

[10] 孟宪民. 数字化设计技术在农业机械设计中的应用[J]. 南方农机, 2018, 49(19): 65.
MENG Xian-min. Application of Digital Design Technology in Agricultural Machinery Design[J]. China Southern Agricultural Machinery, 2018, 49(19): 65.

[11] 郭宇. 一号文件：农机行业将全面梳理短板弱项[N]. 中国工业报, 2022-03-03(4).
GUO Yu. Document 1: The Agricultural Machinery Industry Will Comprehensively Sort out its Shortcomings and Weaknesses China Industry Daily, 2022-03- 03(4) .

[12] 韩宇翃，李维亮，贾玉岭，等. 基于眼动追踪技术的农机装备外观改良设计[J]. 机械设计，2020，37(8): 139-144.
HAN Yu-hong, LI Wei-liang, JIA Yu-ling, et al. Appearance Improved Design of Agricultural Machinery

Equipment Based on Eye Tracking Technology[J]. Journal of Machine Design, 2020, 37(8): 139-144.

[13] 刘力. 个性化割草机器人外观设计研究[J]. 农机化研究, 2020, 42(2): 135-140.
LIU Li. Research on the Appearance Design of the Individual Mowing Robot[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2020, 42(2): 135-140.

[14] 余冰清. 3DMAX 应用下的智能插秧机外观优化[J]. 农机化研究, 2021, 43(3): 152-157.
YU Bing-qing. Appearance Optimization of the Intelligent Rice Transplanting Machine in the 3DMAX Application[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2021, 43(3): 152-157.

[15] 张建超, 葛延, 郁志宏. 9YG-1.3 型捆草机外观造型优化设计[J]. 中国农机化学报, 2018, 39(7): 94-97.
ZHANG Jian-chao, GE Yan, YU Zhi-hong. Optimum Design of 9YG-1.3 Type Baler Contour[J]. Journal of Chinese Agricultural Mechanization, 2018, 39(7): 94-97.

[16] 李星慧. 25 马力双电机独立驱动电动拖拉机造型设计[D]. 天津: 天津科技大学, 2019.
LI Xing-hui. Modeling Design of 25HP Double Electric Motor Driving Electric Tractor[D]. Tianjin: Tianjin University of Science & Technology, 2019.

[17] JEON Je-Cheol, KIM Seong-Yong, SOO Kim-doung. Impact of Local Image on Agricultural Brand and Customer Satisfaction[J]. Culinary Science & Hospitality Research, 2021(27): 155-165

[18] 李静. 品牌体验、品牌社区关系与消费者品牌忠诚相关性分析[J]. 商业经济研究, 2021(1): 74-77.
LI Jing. Correlation Analysis of Brand Experience, Brand Community Relationship and Consumer Brand Loyalty[J]. Journal of Commercial Economics, 2021(1): 74-77.

[19] 王雪彤, 宋方昊. 基于品牌冰山理论的品牌产品色彩设计[J]. 包装工程, 2019, 40(8): 97-102.
WANG Xue-tong, SONG Fang-hao. Color Design of Brand Products Based on Brand Iceberg Theory[J]. Packaging Engineering, 2019, 40(8): 97-102.

[20] 邬宏伟, 邓益民. 基于有向图的设计耦合识别及相关解耦策略分析[J]. 机械设计与研究, 2020, 36(6): 20-23.
WU Hong-wei, DENG Yi-min. Identification of Design Coupling and Its Relevant Decoupling Strategy and Method Based on Digraph Theory[J]. Machine Design & Research, 2020, 36(6): 20-23.

[21] 赵项, 魏峰, 白伊莎. 用户需求驱动下的产品设计模型构建及应用[J]. 机械设计, 2021, 38(S1): 56-61.
ZHAO Xiang, WEI Feng, BAI Yi-sha. Construction and Application of Product Design Model Driven by User Needs[J]. Journal of Machine Design, 2021, 38(S1): 56-61.

[22] 胡伟峰, 胡玥, 王冬冬, 等. 产品品牌基因研究现状与进展[J]. 包装工程, 2021, 42(16): 61-71.
HU Wei-feng, HU Yue, WANG Dong-dong, et al. Research Status and Progress of the Product Brand Gene[J]. Packaging Engineering, 2021, 42(16): 61-71.

[23] 武玉娇, 郑枫, 葛玉鹏. 基于感性意象的白酒酒瓶造型多维度特征分析[J]. 包装工程, 2021, 42(18): 253-261.
WU Yu-jiao, ZHENG Feng, GE Yu-peng. Multidimensional Feature Analysis of Liquor Bottle Shape Based on Consumer Demand[J]. Packaging Engineering, 2021, 42(18): 253-261.

[24] YAN Hong-bin, LI Ming. An Uncertain Kansei Engineering Methodology for Behavioral Service Design[J]. IISE Transactions, 2021, 53(5): 497-522.

[25] 吕中意, 杨波, 黄峰. 基于 QFD 的复杂产品外观设计与改进[J]. 机械设计, 2019, 36(11): 119-126.
LYU Zhong-yi, YANG Bo, HUANG Feng. Appearance Design and Improvement of Complex Products Based on QFD[J]. Journal of Machine Design, 2019, 36(11): 119-126.

责任编辑：马梦遥