

层次生物特征驱动的产品情感化设计方法

曹国忠^{1,2}, 王欢^{1,2}, 张曙^{1,2}

(1.河北工业大学, 天津 300401; 2.国家技术创新方法与实施工具工程技术研究中心, 天津 300401)

摘要: **目的** 对产品情感化设计的实现途径进行研究。**方法** 将工程设计领域的多生物效应方法引入到艺术设计领域, 基于功能相似性确定多生物效应, 抽取生物原型的不同特征指导产品情感化设计。**结果** 形成基于多生物效应的产品情感化设计过程模型, 从生物角度指导设计人员进行产品情感化设计。**结论** 经实例验证, 系统化、分层次地应用生物知识可以辅助产品情感化设计, 有利于设计出实用性与艺术性统一的产品、提高设计方案的质量和产出效率。

关键词: 多生物效应; 情感化设计; 产品设计

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2017)24-0142-10

Product Emotional Design Method Driven by Hierarchical Biometrics

CAO Guo-zhong^{1,2}, WANG Huan^{1,2}, ZHANG Shu^{1,2}

(1.Hebei University of Technology, Tianjin 300401, China;

2.National Engineering Research Center for Technological Innovation Method and Tool, Tianjin 300401, China)

ABSTRACT: It aims to research the realization way of emotional design product. The multi-biological effects methods in the engineering design field are introduced into the art design field, multi-biological effects are determined based on the functional similarity, and the different characteristics of the biological prototype are extracted to guide the emotional product design. It forms a product emotional design process model based on the multi-biological effects, guides the designer from biological perspective to product emotional design. By the verified example, the systematic, hierarchical application of biological knowledge can assist the product emotional design, which can promote the unit of product practicality and artistic, improve the quality of the design plan and output efficiency.

KEY WORDS: Multi-biological effects; emotional design; product design

从 2015 年 5 月 11 日起,《问计中国制造》系列的专题报道在央视《新闻直播间》相继播出,视频中清华大学美术学院柳冠中教授指出:中国目前的创新大部分是在外观上的改进,真正的原始创新做的比较少,且多数消费者表示中国的产品功能性较差、不够人性化^[1-2]。德国著名设计大师路易吉·科拉尼曾说:设计的基础应来自诞生于大自然的生命所呈现的真理之中,但目前把仿生设计简单等同于外观模仿且认识肤浅、狭义、孤立^[3-4]。基于此,这里引入了工程设计领域的多生物效应并将其与情感化相结合,从本能水平的设计、行为水平的设计、反思水平的设计对

其应用展开深入研究,目的是将大自然中的生物知识系统、整体、高效地运用到产品情感化设计中。

1 情感化设计与产品设计要素

诺曼的《情感化设计》解决了长期困扰人们的实用性与美观性之间的问题,将人对产品的认识划分了三个层次,即本能水平的设计、行为水平的设计、反思水平的设计^[5-6]。在本能水平上,考虑产品的物理特征,涉及产品的外形、质地和手感,这个阶段视觉、触觉、听觉占主体支配地位;在行为水平上,考虑产

收稿日期: 2017-08-11

基金项目: 国家自然科学基金项目(51475137); 河北省自然科学基金项目(E2015202029); 河北省高层次人才资助项目(A201500113); 河北省创新方法推广应用示范项目(16241809D)

作者简介: 曹国忠(1974—), 男, 河北人, 博士, 河北工业大学教授, 主要研究方向为产品创新设计、TRIZ 和可持续设计。

品的功能、性能、可用性，注重产品的效用以及使用产品的感受，这个阶段用户的潜在意识占主体支配地位；在反思水平上，考虑产品具有什么意义，是否能够唤醒人的回忆，注重信息、文化以及产品或者产品效用的意义，这个阶段用户的心理模型占主体支配地位。根据情感化设计相关理论将其每个设计阶段一一对应到产品设计要素上，三水平的设计内容与产品设计要素的关系见图 1。

- 本能水平的设计（表象） > 外形、质地、手感
- 行为水平的设计（行为） > 产品 > 功能、性能、可靠性
- 反思水平的设计（心理） > 信息、文化、产品或产品效用的意义

图 1 三水平的设计内容与产品设计要素的关系

Fig.1 Relationship between three levels of design content and product design elements



图 2 功能检索多生物效应库

Fig.2 Functional search of multiple Biological effect libraries

2 多生物效应及知识库

多生物效应是对生物原型系统的研究，是在某种环境和条件下与生物原型功能实现互相依存、互相影响的多种生物因素组成及转化关系的统称^[7-8]，将其以多生物效应模型的形式进行直观表达。工程设计人员根据多生物效应模型对生物原型能够有直观、全面了解，通过相关技术替代多生物效应模型即可展开产品功能探索，使生物知识能够为大多数人所利用。

多生物效应知识库是将生物界大量有用信息转化成可为工程设计服务的有效知识源。通过功能关键词，即<动词>+<名词>的形式可查询到相关生物原型，比如功能检索多生物效应库见图 2、多生物效应库中生物原型信息见图 3。又如<储存>+<液态>的形



图 3 多生物效应库中生物原型信息

Fig.3 Bio-prototype information in the multi-biological effect library

式提取出的多生物效应模型通过技术手段完成生物功能到产品功能的转化^[9]。

3 基于多生物效应的情感化设计策略

使用者从三水平设计角度对产品进行认知,产品设计时依据三水平设计对应的不同点进行,将产品的三水

平设计要求映射到仿生设计中寻找符合三水平设计的策略，基于情感化的多生物效应应用分类见图 4。

原型的提取进行本能水平的设计和反思水平的设计。行为水平的设计主要提取的是仿生对象的功能，将仿生对象的功能原理转化到产品设计中并将其方法延伸到另两个设计阶段。

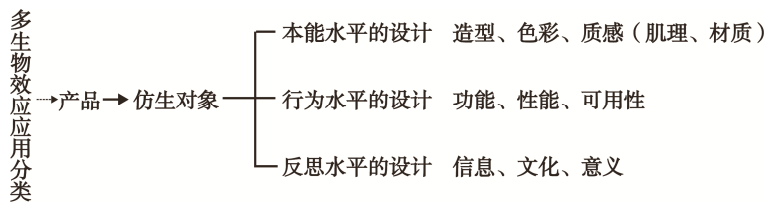


图 4 基于情感化的多生物效应应用分类

Fig.4 Classification of multiple biological effects based on affectiveness

4 基于多生物效应的产品情感化设计方法

4.1 基于多生物效应的行为水平设计

在此设计阶段对产品功能展开分析，并通过生物

对产品功能求解。利用黑箱模型中能量、信号、物质间的转换对产品的总功能进行分析，黑箱模型系统表示见图 5，再对总功能细化以功能树的形式展现提取出分功能，功能树示意图见图 6。对功能有详细的认知后，展开理想解分析的目的在于将此阶段能够解决的

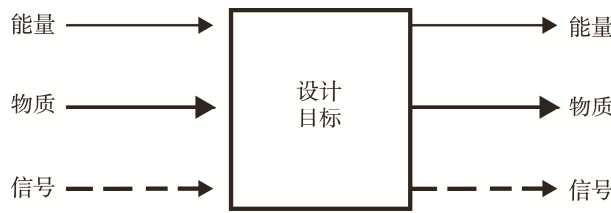


图5 黑箱模型系统表示
Fig.5 Black box model system representation

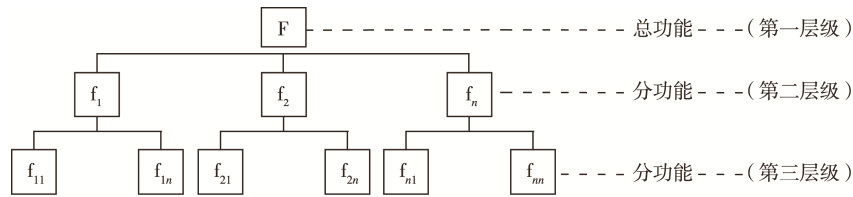


图6 功能树示意
Fig.6 Schematic diagram of the function tree

问题进行解决,帮助设计师跳出传统解决问题的思维模式。

不能够解决的功能运用<动词>+<名词>的形式表达,将其输入到多生物效应库查询生物原型。查询出的生物原型往往包含多个,通过产品功能与生物功能之间的相似性比对确定。依据人对产品功能需求程度的不同将产品功能划分为核心功能、辅助功能、附加功能,并对其进行3,2,1的赋值。 F_P 表示产品的功能, F_G 表示生物功能, f_p 表示产品的功能元, f_g 表示生物功能元,从1算术相似度、2平均相似度、3加权相似度对其进行计算,详情如下:

- 1、 $\phi(F_P, F_B) = \sum_{i=1}^n \gamma_i \phi(f_p, f_b)$,
 $\phi(f_{pi}, f_{bi}) = \langle 1, f_{pi} = f_{bi}; 0, f_{pi} \neq f_{bi} \rangle$.
- 2、 $\mu(F_P, F_B) = \frac{1}{n} \phi(F_P, F_B)$.
- 3、 $\mu(F_P, F_B) = \frac{1}{\omega} \phi(F_P, F_B), \omega = \sum_{i=1}^n \gamma_i$.

4.2 基于生物原型的本能水平设计

对生物原型造型分析时,运用树型分析法将生物原型各组成部位进行表达,造型仿生树型示意图7。第一层级为生物原型的整体造型特征(W);确定的仿生对象有明显重要特征为第二层级,明显的重要特征根据它属于哪一组成部位来确定代表字母,如果没有明显的重要特征,生物各组成部分特征(C)为第二层级;接下来的层级特征与仿生对象的同纲生物进行比较得出(R);之后的层级再与仿生对象的同科生物进行比较得出(M)。

通过网络搜集摄影图片及人对生物造型的常规认知选取生物原型的造型轮廓,形与形之间的紧密程度由相等-包含-相交-相邻-相离依次递减的,因此在进行权重赋值时分别对应5、4、3、2、1。根据造型仿生的树型示意图对分析出的造型特征每一层级中的权重进行计算,将每一层级中的权重相加得出其在

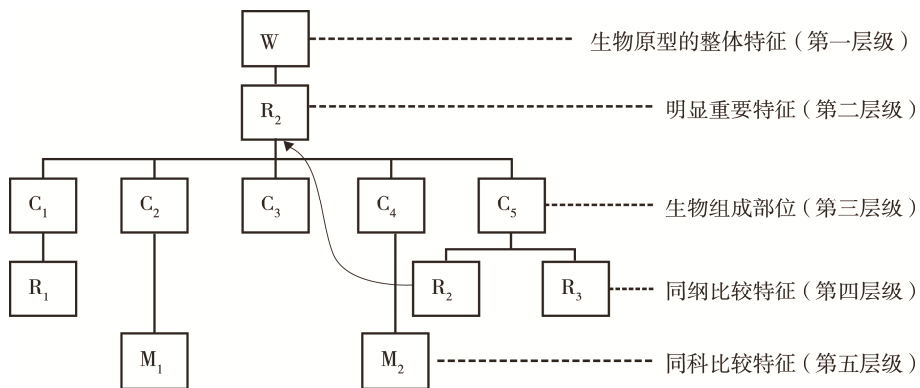


图7 造型仿生树型示意
Fig.7 Modeling bionic tree diagram

整个造型中占的权重^[10]。A、B 分别代表造型仿生对象的特征形态，AH - BH 表示特征形态之间相隔的层级数，D 代表赋值的权重数，H 表示层级，依据重要程度的不同最下方最不重要的层级为第一层， 2^{H-1} 代表层级系数越往上重要程度越强， $1/2^{AH-BH}$ 表示上层特征造型对下层特征造型影响的减弱程度。依据权重对生物原型的造型进行物理及心理的简化，保证生物原型造型所产生的积极心理效应，详情如下：

$$L(A, B) = \sum_{H=Q}^P 2^{H-1} \times \frac{1}{2^{AH-BH}} \times D$$

(P, Q ≤ H_{max})

对于生物色彩的提取以生物原型为研究点，根据生物原型的性质进行仿生色彩的提取。生物原型为植物时，根据其在四季中的色彩及整个物种所具备的色彩，进行收集、整理；生物原型为非植物时，对生物原型的同种生物进行查询，将查询出的生物原型具备的颜色进行整理、收集，生物原型色彩提取见图 8。在设计人员进行生物原型的色彩利用时，根据色谱中的色值在 KeyShot、Adobe Photoshop 等相关设计软件中直接利用，即可对产品色彩进行很直观地展示。

生物原型的质感是指设计师通过对生物原型的研 究提取出其表面纹理、材质的特征，并对这些特征加以处理、借鉴应用到产品设计中。视觉方面，可通过生物原型自身疏密有别、颜色不一的表面纹理移植到产品上进行表现；触觉方面，通过生物原型自身的

光滑、粗糙等高低起伏的表面样式移植到产品上来展现；听觉方面，通过对生物原型自身的声音进行移植到产品上的运用来实现，图 9 生物原型质感-产品质感见图 9。

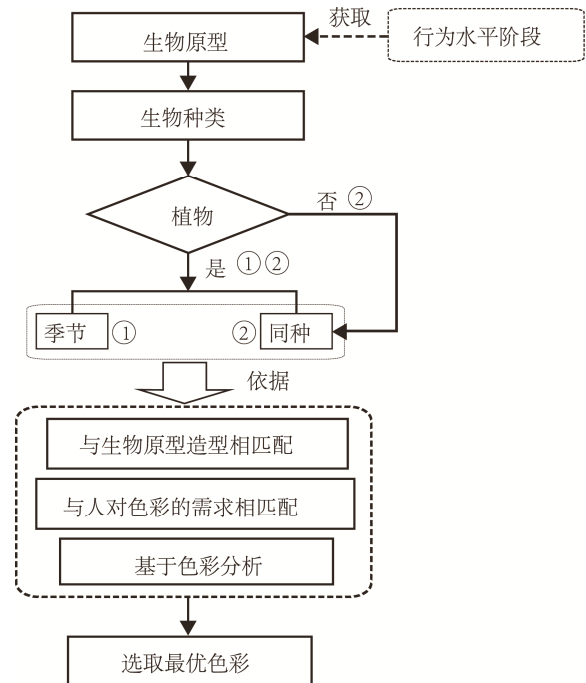


图 8 生物原型色彩提取
Fig.8 Biological prototype color extraction

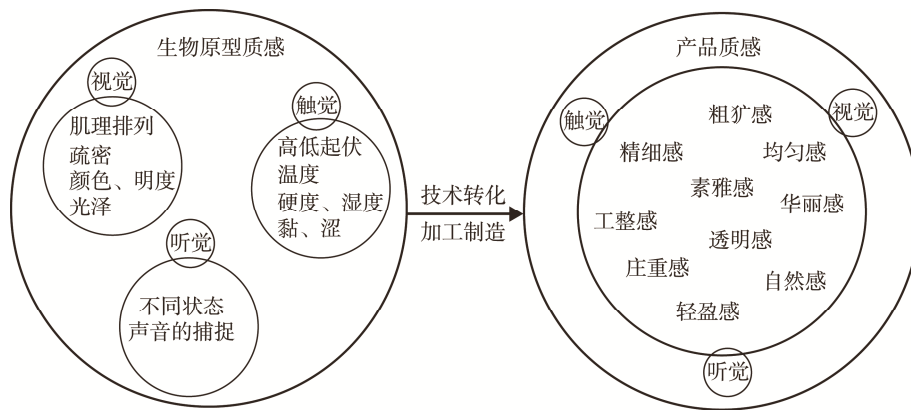


图 9 生物原型质感-产品质感
Fig.9 Biological prototype texture - product texture

4.3 基于生物原型的反思水平设计

反思水平设计阶段产品主要通过其包含的文化、传达的信息、具有的情感意义来满足人们需求的，这些产品包含的内容即可通过生物原型所包含的文化、传达的信息、具有的情感意义提供设计指引^[11]。在此阶段利用生物原型进行探索时，应使产品具备以下几个特征：

4.3.1 促使用户回忆过去

生物原型在此阶段运用时能够赋予产品促使人回忆过去的的能力。生物原型及所要设计的产品与人有过某

种特殊的经历或者与人某段特殊的回忆重叠，能够使人回想起之前的情景，从而使人对产品产生情感。

4.3.2 引导用户思考未来

运用生物原型在此阶段要促使人们思考未来，引起人们对产品的主观思考。这种产品往往与人的身心健康或者与人生存的环境相关联，在人的生活中起到提醒、警示的作用。

4.3.3 帮助用户储存记忆，建立自我标识

生物原型在此阶段运用时能够帮助用户储存记

忆,大自然的生物本身具有生命,易引发人对其爱怜的心理,将其运用到产品之上随着时间的递增能够加深用户及与用户相关联人对此产品的情感。

4.3.4 唤醒用户的自我意识

生物原型在此阶段运用时能够使用户在拥有、展示、使用产品时产生足够的满足感,通过赋予产品具有自己的灵魂唤醒用户的自我意识。

通过前两个设计阶段的探索,在此阶段中从生物原型包含的文化、传达的信息、具有的情感意义等角度探索,这些内容的表现载体为生物原型的功能、造型、色彩、质感中的一个或者多个方面相互融合,从而转化到产品上,目的是达到反思水平设计阶段的要求。

4.4 基于多生物效应的产品情感化设计流程

为了便于设计人员可以直接利用多生物效应进行产品设计,保证设计人员能够完成最终的设计工作形成了多生物效应在工业设计中应用的流程,基于多生物效应的产品情感化设计流程见图 10。设计流程的步骤包括:(1)用户需求分析及明确设计任务;(2)确定产品总功能并通过黑箱模型及功能树对其深入研究;(3)进行理想解分析,将不能解决的问题利用多生物效应库进行检索及深入研究;(4)完成生物原型功能-产品功能的转化;(5)将生物原型造型、色彩、质感依据应用原则转化的产品上;(6)对生物原型进行反思水平设计阶段的研究,是前两个阶段的整合;(7)形成设计方案并检验其可行性。

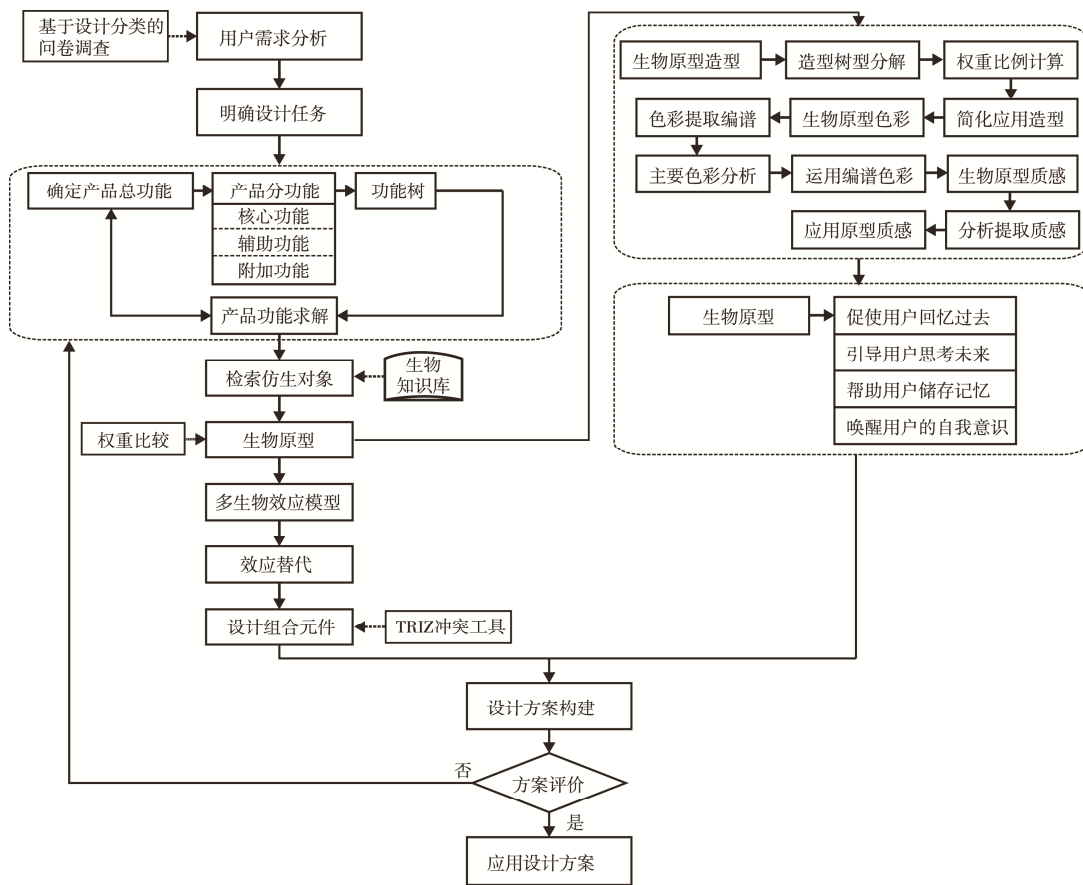


图 10 基于多生物效应的产品情感化设计流程
Fig.10 Emotional design flow based on multi-biological effects

5 防雾霾口罩情感化设计

5.1 用户需求分析

行为水平防雾霾口罩的问题为:呼吸不畅、产生水汽、过滤性不好、滋生细菌及戴着对耳朵产生负担,其中核心功能为过滤颗粒、辅助功能为提供保暖及增加接触面积、附加功能为减少细菌、降低重量、提高通风性能;本能水平的设计中佩戴不美观是人们不戴

口罩的重要原因,给人的心理及生理带来了消极的效应;反思水平的设计中不能引起人们的好感,只因为功能需求部分人选择佩戴防雾霾口罩。

5.2 行为水平的防雾霾口罩设计

利用黑箱模型的方式对总功能进行表达,防雾霾口罩的总功能见图 11。将防雾霾口罩的总功能分解为各个分功能,建立功能树,防雾霾口罩的功能树见图 12。进行理想解分析,对于能够直接解决的问题在此

阶段进行，使设计趋近理想解，防雾霾口罩的理想解分析见表 1。

依据人的需求防雾霾口罩所包含的核心功能为过滤颗粒；辅助功能为提供保暖、增加接触面积；附加功能为减少细菌、降低重量、提高通风性能。提取核心功能<过滤>+<颗粒>查询多生物效应库，查询出的生物：桡足类动物、植物的花、招潮蟹，提取其多生物效应模型，比如桡足类动物的多生物效应模型见图 13，植物花的多生物效应模型见图 14，招潮蟹的多生物效应模型见图 15，分析其功能并利用 Asknature 网络生物知识库对其进行了全面了解。

对多生物效应模型分析及资料查询，桡足类动物包括的生物功能为：过滤颗粒、降低重量、消化固体；植物的花包括的生物功能为：捕捉颗粒、过滤颗粒；招潮蟹包括的生物功能为：过滤颗粒、清除细菌、降

低重量、提高通风性能、消化固体。进行权重计算，生物原型功能相似度计算见表 2。

过滤效应是招潮蟹通过口部上颌对抓取的泥土进行初步过滤，保留沉积物及水并且此处带有一排刚毛在水清洁过程中保护及防止有机物堵塞鳃室。有机物进入上腹部位时进行二次过滤，上腹部位携带了大量的勺子状长刚毛及羽毛状的面，以此对抓取的有机物中细菌、海藻等展开分类并将细菌等无用物质运向嘴边；清洁效应是招潮蟹在二次过滤过程中利用水从鳃室泵入颊腔辅助食物的分选并对食物进行清洁；粘附效应是招潮蟹利用其特有的过滤结构对更细的有机颗粒进行粘附防止其在清洁过程中被水带走。对招潮蟹的效应进行产品技术元件替换，完成防雾霾口罩中的过滤颗粒、提高通风性能，产品元件与生物组织结构替换见表 3。



图 11 防雾霾口罩的总功能
Fig.11 Overall function of the antifogging mask

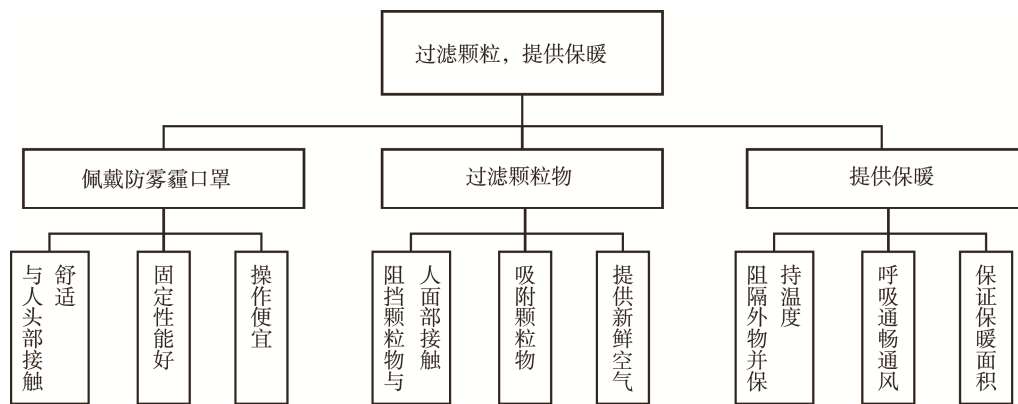


图 12 防雾霾口罩的功能树
Fig.12 Functional tree of the antifogging mask

表 1 防雾霾口罩的理想解分析
Tab.1 Antifogging haze mask ideal solution analysis

设计的最终目的是什么	过滤空气中的颗粒，输送新鲜空气并提供保暖
理想解是什么	消除雾霾中的颗粒及佩戴口罩时产生的细菌并起到保暖作用。
达到理想解的障碍是什么	需要增加口罩过滤组件，产生密封、保暖性与通风性的冲突，增加了佩戴口罩的时间及操作步骤。
出现障碍的结果是什么	增加组件后造成携带不变，占据空间，密封效果增强，呼吸不畅并产生水汽。
不出现障碍的条件是什么	设计成可折叠、柔性的，方便携带；过滤材质运用新材料；将与入面部接触的面设计成可替换的，减少细菌。
创造条件可提供的资源是什么	风力、空气流动力、人自身呼出温度等。

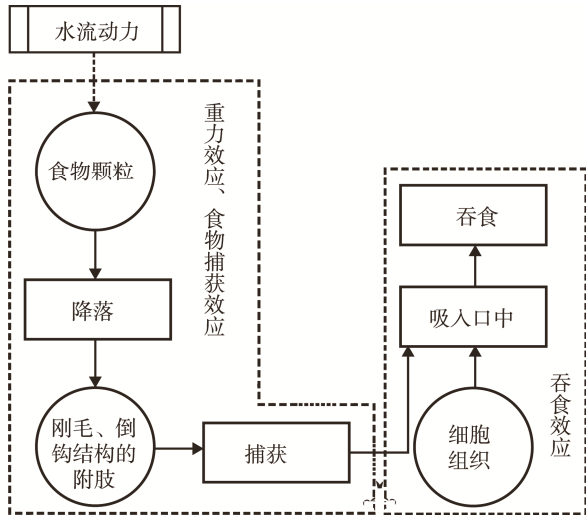


图 13 桡足类动物的多生物效应模型
Fig. 13 Multi-biological effects of copepods

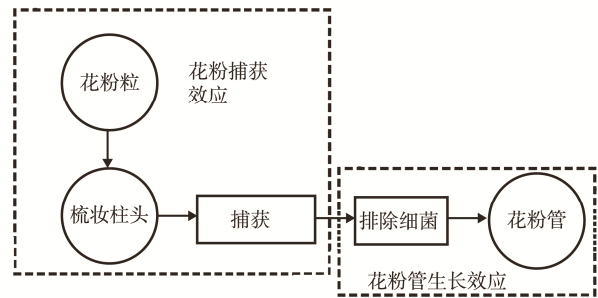


图 14 植物花的多生物效应模型
Fig. 14 Multi-biological effects of plant flowers model

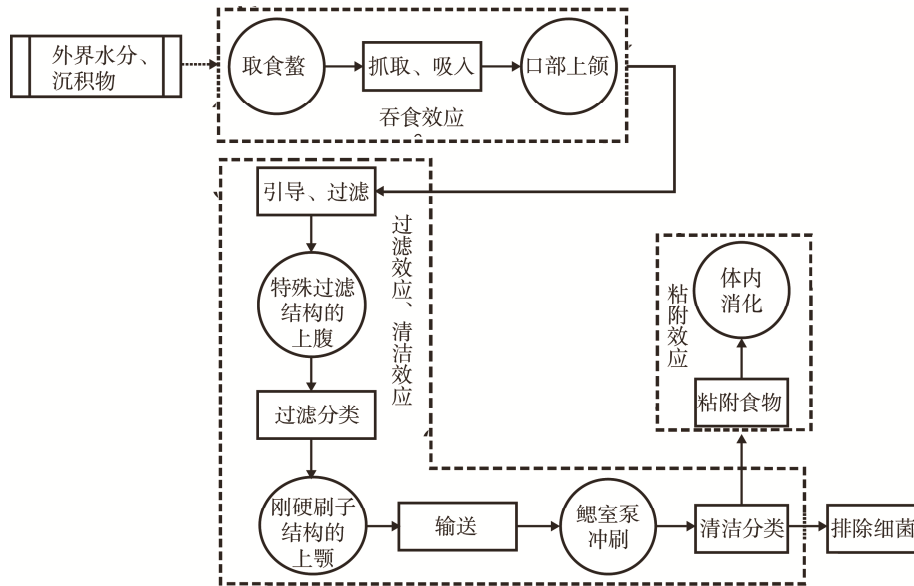


图 15 招潮蟹的多生物效应模型
Fig. 15 Multi-biological effects model of the crab model

表 2 生物原型功能相似度计算
Tab.2 Bioproduct function similarity calculation table

相似度	桡足类动物	植物的花	招潮蟹
算术相似度	2	1	0
平均相似度	0.33	0.17	0.5
加权相似度	0.4	0.3	0.6

表 3 产品元件与生物组织结构替换
Tab.3 Product components and biological tissue structure replacement table

功能	生物效应	生物结构	替换的产品元件/材料
过滤颗粒提高通风性能	过滤效应	特殊过滤结构的上腹	静电纺丝纳米纤维过滤膜
	粘附效应	口部上颌的刚毛	碳纳米米空心格子吸附膜
	清洁效应	鳃室	出气阀微型通风机

5.3 本能水平及反思水平的防雾霾口罩设计

首先对招潮蟹进行树型结构等级分析：第一层级需要对仿生对象进行的整体形态的把握。第二层级通过与同科生物比较其特殊形态部位是大小悬殊的一对螯，大螯像武士盾牌。

第三层级划分为招潮蟹的形态构成部位是头部、腹部、附肢。找到同纲生物虾与其进行对比，发现其腹部与头部构成甲梯形、前宽后窄、眼睛突出具有特色。第四层级与同科生物进行比较得出其特殊部位为：大螯，另外背部的凹凸纹理具备特色。

通过树型结构对生物原型进行分析，招潮蟹的树形示意图 16。根据树型结构将招潮蟹的特征组成部分分成四个层级，对组成部分进行权重计算，为简化及应用提供直观的依据尺度，招潮蟹造型特征权重见表 4。

根据权重数值对招潮蟹造型进行物理及心理简化，招潮蟹的简化见图 17。对招潮蟹进行简化处理后，查询造型特征权重表得出的结果为大螯、头、腹部占的权重很大，其中头与腹部权重次之，在进行产品造型运用时要保证大螯的可识别性，通过腹部与头

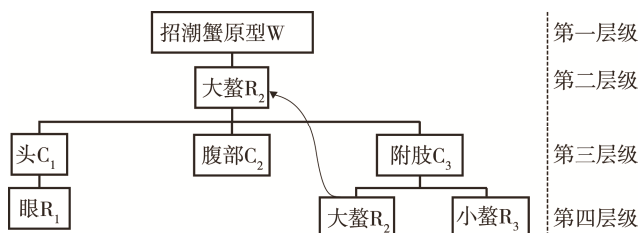


图 16 招潮蟹的树形示意
Fig.16 Schematic diagram of the tree

表 4 招潮蟹造型特征权重
Tab.4 Weight characteristics of modeling crabs

权重	R ₂	C ₁	C ₂	C ₃	R ₁	R ₃
R ₂	40	12	16	10.5	6	13
C ₁	12	30	26	20	13	8
C ₂	16	26	30	14	11	12
C ₃	19	20	22	30	7	13
R ₁	6	13	11	26	20	5
R ₃	13	8	12	13	5	20
造型特征重要权重值	C ₁ C ₂	C ₃ R ₁	C ₂ C ₃	C ₁ C ₃	R ₂ C ₃	R ₂ C ₂
	26	26	22	20	19	16

部的相互融合对其进行辅助，以此生成招潮蟹的特征，招潮蟹特征运用见图 18。

招潮蟹的色彩丰富多样、材料感觉坚硬、表面肌理构成以色彩大小的不同组合方式表达且光滑，搜集整合了招潮蟹部分色彩、质感，招潮蟹部分色彩、质感见图 19。对招潮蟹的色彩、质感利用时以蓝色、绿色、黑色、紫色倾向的色彩为主色，其他颜色为辅助色使用。

蟹在我国古代具有富甲天下、八方招财的寓意，其习性为选择水质清晰、阳光透彻、水草茂盛的水域栖息等。将行为水平设计阶段、本能水平设计阶段及反思水平设计阶段的探索相互融合，在防雾霾口罩与鼻子接触部位设计可调节式鼻梁支架，增加口罩的密封性与稳固性；通过出气阀利用文字传达警示或提醒作用；一长一短的设计方便佩戴。将各个设计阶段的设计方案相互融合，从而形成防雾霾口罩的设计方案，防雾霾口罩情感化设计见图 20。

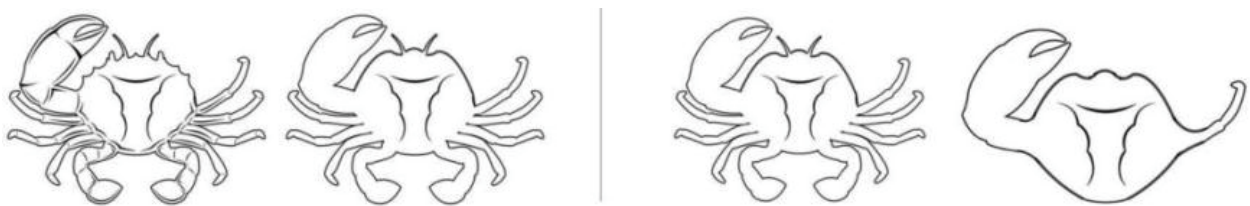


图 17 招潮蟹的简化
Fig.17 Simplified tide crabs

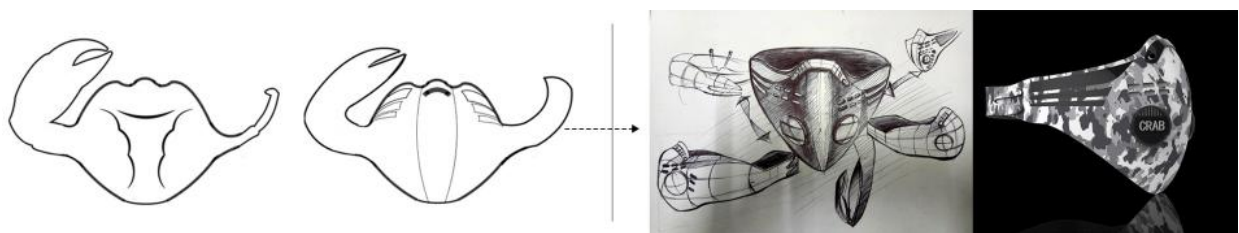


图 18 招潮蟹特征运用
Fig.18 Characteristics of the use of trick crabs



图 19 招潮蟹部分色彩、质感
Fig.19 Strokes crab part of the color, texture



图 20 防雾霾口罩情感化设计
Fig.20 Emotional design of antifogging and haze mask

6 结语

通过研究多生物效应在产品情感化设计中的应用,提出了基于多生物效应的情感化设计策略并使产品要素与生物各组成部位相互对应,加强了多生物效应在产品设计中应用的系统性、整体性及完整性且使设计出的产品具有实用性与美观性的统一。拓展多生物效应的应用范围并将其与美学相结合,弥补以往多生物效应在产品设计中应用的不足并从产品情感化角度形成设计方法及流程,为设计人员利用生物特征提供明确方向。

参考文献:

[1] 柳冠中. 设计: 人类未来不被毁灭的“第三种智慧”[J]. 设计艺术研究, 2011, 1(1): 5—8.

LIU Guan-zhong. Design: The Third Wisdom to Save Humans from Destruction[J]. Design Research, 2011, 1(1): 5—8.

[2] 柳冠中. 中国工业设计的重任[J]. 设计, 2015(22): 150—152.

LIU Guan-zhong. The Important Task of China's Industrial Design[J]. Design, 2015(22): 150—152.

[3] 田君. 自然: 源头与方向——卢吉·科拉尼的仿生设计[J]. 装饰, 2013(4): 35—40.

TIAN Jun. Natural Source and Direction: Luigi Colani's Bionic Design[J]. Zhuangshi, 2013(4): 35—40.

[4] 马泽群, 苟锐, 黄强苓. 仿生设计在工业设计领域的困境及策略[J]. 包装工程, 2013, 34(20): 111—113.

MA Ze-qun, GOU Rui, HUANG Qiang-ling. Dilemma and Strategy of the Bionic in Design the Industria Design Fied[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(20): 111—113.

[5] 李君华. 产品设计中的情感化体现[J]. 包装工程, 2010, 31(2): 32—35.

LI Jun-hua. Emotional Expression in the Product De-

- sign[J]. Packaging Engineering, 2010, 31(2): 32—35.
- [6] 周杨, 张宇红. 情感化设计中的记忆符号分析研究[J]. 包装工程, 2014, 35(4): 70—74.
ZHOU Yang, ZHANG Yu-hong. Analysis of Memory in Emotional Design[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(4): 70—74.
- [7] 刘伟, 曹国忠, 檀润华. 多生物效应技术实现方法研究[J]. 机械工程学报, 2016(9): 129—140.
LIU Wei, CAO Guo-zhong, TAN Run-hua. Research on Measures to Technical Realization of Multi Biological Effects[J]. Journal of Mechanical Engineering, 2016(9): 129—140.
- [8] 赵华, 曹国忠. 基于生物效应的概念设计过程研究[J]. 机械设计与研究, 2011, 27(3): 105—110
ZHAO Hua, CAO Guo-zhong. Study on Conceptual Design Process Based on the Biological Effects[J]. Machine Design Research, 2011, 27(3): 105—110.
- [9] 刘伟, 曹国忠, 檀润华. 多生物效应的编码方法研究[J]. 工程设计学报, 2014(1): 1—5.
LIU Wei, CAO Guo-zhong, TAN Run-hua. Research on Method for Coding Multi Biological Effects[J]. Chinese Journal of Engineering Design, 2014, 21(1): 1—5.
- [10] 安晓亚, 杨云, 刘平芝. 基于拓扑谓词的空间拓扑关系相似性度量模型与应用[J]. 地球信息科学学报, 2013(2): 159—165.
AN Xiao-ya, YANG Yun, LIU Ping-zhi. Similarity Measuring of Spatial Topological Relations Based on Topological Predication[J]. Journal of Geo-information Science, 2013(2): 159—165.
- [11] 谭傲楠, 李洪海. 产品情感化设计研究文献综述[J]. 设计, 2016, 29(1): 74—75.
TAN Ao-nan, LI Hong-hai. Emotional Design Research Literature Review[J]. Design, 2016, 29(1): 74—75.