

基于 QFD-FBS 的儿童游泳辅助产品创新设计研究

王军, 刘晓彤*, 刘敬妍, 金信, 徐宇飞

(湖北工业大学 工业设计学院, 武汉 430068)

摘要: **目的** 为消除儿童游泳时的恐水心理, 助其更好地学习游泳, 探索儿童游泳辅助产品的创新设计路径。**方法** 首先, 采用实地问卷调查法提取儿童初学游泳的需求并在层次分析法 (AHP) 中筛选出最大权重项; 其次, 运用 QFD 建立“用户需求-设计要求”关系矩阵, 将关键设计目标转化为主要功能; 最后, 在 FBS 模型中映射出功能对应的结构模块。**结果** 提出儿童游泳辅助产品以用户行为需求为导向的四大功能模块, 即预警功能模块、学习功能模块、娱乐功能模块、调节功能模块, 并以此为起点完成功能层-行为层-结构层的映射, 从而指导游泳辅助产品的创新设计表现。**结论** QFD-FBS 相结合能够填补空白点, 在游泳辅助产品创新开发领域具有较好的指导意义, 提高了儿童学习游泳的满意度, 为游泳辅助产品设计领域引入新思路。

关键词: QFD; FBS; 多功能模块; 游泳辅助浮板; 儿童创新产品

中图分类号: TB472 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-3563(2024)04-0200-07

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2024.04.021

Innovative Design of Children's Swimming Auxiliary Products Based on QFD-FBS

WANG Jun, LIU Xiaotong*, LIU Jingyan, JIN Xin, XU Yufei

(School of Industrial Design, Hubei University of Technology, Wuhan 430068, China)

ABSTRACT: The work aims to eliminate children's fear of water during swimming to help them learn to swim better, and explore the innovative design path of children's swimming auxiliary products. Firstly, the field questionnaire survey method was used to extract the needs of children beginners to learn swimming, and the maximum weight item was selected in the Analytic Hierarchy Process (AHP). Secondly, QFD was used to establish the "user needs-design requirements" relationship matrix, and the key design goals were transformed into main functions. Finally, the structural modules corresponding to the functions were mapped out in the FBS model. Four functional modules of children's swimming auxiliary products oriented by user behavior needs were proposed: early warning function module, learning function module, entertainment function module, adjustment function module, and the modules were used as a starting point to complete the mapping of function layer-behavior layer-structure layer and guide the innovative design expression of swimming auxiliary products. The QFD-FBS fusion model can complement the shortcomings of each other and has good guiding significance in the field of innovation and development of swimming auxiliary products, which improves the satisfaction of children in learning to swim and introduces new ideas for the design of swimming auxiliary products.

KEY WORDS: QFD; FBS; multifunctional module; swimming auxiliary kickboard; innovative products for children

每年全球约有 36 万人因溺水而丧生, 其中大约有 45% 是儿童群体。游泳既可强身健体, 在关键时刻还可自救^[1]。随着社会的进与发展, 越来越多的家长意识到培养孩子掌握游泳技能的重要性, 儿童游泳培

训和游泳辅具应运而生。国内外对游泳辅助产品的课题研究主要表现在以下两方面。

1) 针对溺水报警产品的研究, 重点在于溺水事故后的救亡, 缺少源头的用户行为引导。例如, 方佳

收稿日期: 2023-09-24

基金项目: 湖北省文化创意产业化设计研究中心开放基金项目 (HBCY1906)

*通信作者

璐等^[2]提出一种漂浮式自救泳衣,溺水时可充气上浮进行抢救。

2) 针对游泳初学者的辅助产品研究,王慧丽等^[3]提出一种三角式蛙泳辅助训练器材。三角式稳定结构可以为初学者提供浮力支撑,减少游泳过程中的恐惧感。朱熊华等^[4]提出一种针对游泳初学者的辅助背心,浮力气囊提供的浮力可逐渐减小,从而逐步帮助儿童学会游泳。赵铭等^[5]研究了一种具有推力的游泳装置,其中加入微电机等构件以增加游泳乐趣,同时可以减少游泳过程中的疲惫感,为游泳装置增添娱乐性。

可见,现有游泳辅助产品偏向溺水救生和成人辅助,面向初学者的游泳辅助产品功能和体验欠缺,满足不了大量儿童对游泳学习的需求。基于此,本文引入 QFD-FBS 融合方法进行儿童游泳辅助产品的创新设计,旨在设计一款能够满足儿童深层需求的游泳辅助产品。

1 QFD-FBS 创新融合设计模型

1.1 QFD 与 FBS 概述

质量屋和需求转化是实现质量功能配置 QFD (Quality Function Deployment) 的核心。它提供了一种将用户的需求转化成产品和技术特征的过程框

架^[6]。它是由日本的赤尾洋二和水野滋两位学者于 1972 年提出的一种设计演绎分析法^[7],可以实现用户诉求的成功转化,避免了用户需求与新产品形成过程的脱钩^[8]。

FBS 模型 (Function-Behavior-Structure) 作为一种产品创新设计方法于 1990 年由 Gero 首次提出,它是一种针对产品创新设计过程中“功能-行为-结构”以映射出新产品的模型^[9]。功能 (F) 代表着设计要求目标,即能够满足用户需求的技术功能;行为 (B) 描述了实现这些功能的方式和过程;结构 (S) 则涵盖了实现这些功能所需的模块组件和它们之间的位置关系^[10]。三者之间逐级映射,最终实现产品的创新设计,提高了产品开发的可行性和合理性。

1.2 QFD 和 FBS 融合设计流程

产品设计流程包括“用户需求获取—产品设计要求—产品功能—产品结构”等一系列逻辑导向的程序^[10]。QFD 优于设计前端的用户调研和设计要求获取,劣于提供设计后期的解决办法;FBS 优于设计后端具体的功能结构实现,劣于前期分析。为使产品设计逻辑更加流畅和科学,以设计要求目标为节点将以上两个方法衔接,建立起“用户需求—设计要求—设计要求目标(即功能)—行为—结构”优势互补的融合设计流程,指导儿童游泳辅助产品的创新设计研究,设计流程见图 1。

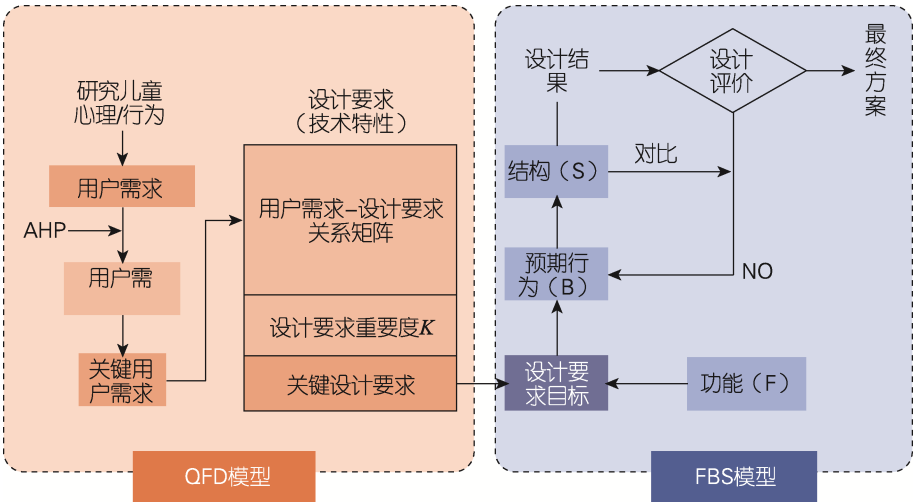


图 1 QFD 和 FBS 融合设计流程
Fig.1 QFD and FBS fusion design process

2 游泳运动与儿童游泳辅助产品

2.1 游泳运动

游泳的一般定义为呼吸与四肢动作配合使身体在水中前进。对于初学者,在不熟悉水性的情况下需要借助游泳辅具使游泳者漂浮在水面,利用水的浮力和阻力来推动身体向前游动^[11]。游泳的一般动作示意图见图 2。

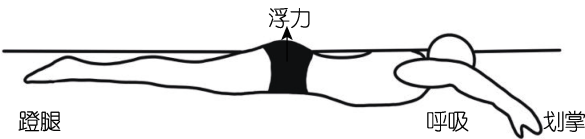


图 2 游泳动作示意
Fig.2 Diagram of swimming action

2.2 儿童恐水心理与游泳辅助产品

儿童由于身心发展的特点及身体素质的限制,天

生具有“恐水”心理^[12]。加上水环境不同于陆地，因此游泳辅助产品是儿童在游泳学习初期必不可少的工具。市场现有游泳辅具主要分为三类：技巧练习类以游泳圈和浮板为主，游泳圈支撑重心高，不利于练习换气，而浮板多为手持，不能进行手部动作练习；报警救生类以发出警报和弹出气囊为主，保障安全但不具备基本浮力支撑功能；兴趣与娱乐类以儿童玩具和成人电动浮板为主，主要体现互动性与可玩性，但实用性不强。

儿童游泳辅助产品的设计应将游泳的动作需求和心理需求结合起来，帮助儿童逐步消除对水的恐惧并借助辅具进行有效练习。而最终能够成功摆脱对辅助产品的依赖，是一个游泳辅助产品的价值所在。

3 设计分析

3.1 确定用户需求与权重

3.1.1 用户需求获取

对分布在武汉及郑州两个地区的游泳馆进行实地走访调研，结合访谈法和实地考察法进行问卷拟定，随机抽取游泳学习困难的 64 名儿童及家长作答。由于儿童认知水平有限，由游泳教练和家长辅助。经统计和归纳，初步得到儿童用户群体的游泳学习需求合集。接下来使用能够从复杂现象中整理思路的 KJ 法对需求合集进行分类、筛选、归纳，最终形成如图 3 所示的用户需求层次模型。

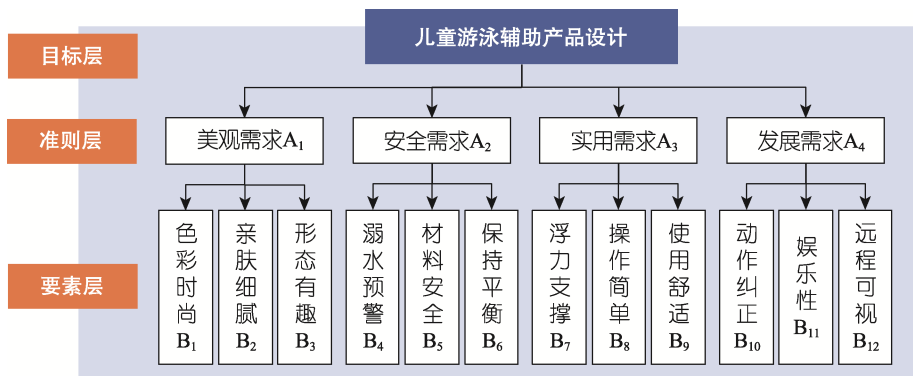


图 3 儿童游泳辅助产品的需求层次模型

Fig.3 Hierarchy model of needs for children's swimming auxiliary products

3.1.2 确定用户需求权重

前期汇总的用户需求存在主观性且重点不够突出，为精确 QFD 中的设计要求要素，引入 AHP 定量分析法进行用户需求的客观取舍。本文使用方根法计算，将目标层用 P 表示，得到判断矩阵见式（1）。

$$P = \begin{bmatrix} 1 & 1/2 & 1/3 & 1/3 \\ 2 & 1 & 1/2 & 3 \\ 3 & 2 & 1 & 2 \\ 3 & 1/3 & 1/2 & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

求判断矩阵中的每一行因素与其他因素对比结果的乘积 M_i ，见式（2）。

$$M_i = \prod_{j=1}^m \alpha_{ij} (i=1,2,3,\dots,m) \quad (2)$$

对判断矩阵 P 的各行因素的几何平均值（ α_i ）进行计算，见式（3）。

$$\alpha_i = \sqrt[m]{M_i} = \sqrt[m]{\prod_{j=1}^m \alpha_{ij}} = [1.861 \ 2.0577 \ 4.0594 \ 6.1565] \quad (3)$$

将计算结果进行归一化处理，求相对权重 ω_i ，见式（4）。

$$\omega_i = \frac{\alpha_i}{\sum_{i=1}^n \alpha_i} = [0.107 \ 8 \ 0.292 \ 2 \ 0.413 \ 3 \ 0.186 \ 7] \quad (4)$$

判断矩阵一致性检验：首先计算最大特征根 $\lambda_{\max}$ ，见式（5）。

$$\begin{aligned} \lambda_{\max} &= \sum_{i=1}^n \frac{[P\omega]_i}{n\omega_i} \\ &= \left(\frac{0.453 \ 9}{0.107 \ 8} + \frac{1.274 \ 6}{0.292 \ 2} + \frac{1.694 \ 5}{0.413 \ 3} + \frac{0.814 \ 2}{0.186 \ 7} \right) \times \frac{1}{4} \\ &= 4.258 \ 3 \end{aligned} \quad (5)$$

随后，依据判断矩阵的随机一致性指标来确定不同矩阵的阶数 n 所对应的随机一致性指标 R_1 ，1~9 阶判断矩阵的 R_1 见表 1。计算各指标的一致性比率 C_R ，当 $C_R < 0.1$ 时，判断矩阵通过一致性检验，反之重新计算判断矩阵，直到达到标准，具体计算见式（6）~（7）。

$$C_1 = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} = 0.086 \ 1 \quad (6)$$

$$C_R = \frac{C_1}{R_1} = \frac{0.016 \ 2}{0.89} = 0.096 \ 7 \quad (7)$$

表 1 1~9 阶判断矩阵的随机一致性指标
Tab.1 Stochastic consistency index of 1st to 9th order judgment matrix

n	矩阵阶数								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
R_1	0	0	0.85	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45

用户需求及权重如表 2 所示。依据重要度 K_i 值对用户需求进行筛选, 得出儿童游泳辅助产品的重点需求, 缩小需求范围有助于后期的 QFD 研究的准确性。

表 2 用户需求及权重
Tab.2 User needs and weight

目标层	一级需求	权重值	二级需求	重要度 K_i
儿童游泳辅助产品 设计 P	美观需求 (A ₁)	0.109 3	色彩时尚 (B ₁)	0.013 4
			亲肤细腻 (B ₂)	0.060 9
			形态有趣 (B ₃)	0.035 0
	安全需求 (A ₂)	0.292 8	溺水预警 (B ₄)	0.160 6
			材料安全 (B ₅)	0.061 7
			保持平衡 (B ₆)	0.070 5
	实用需求 (A ₃)	0.399 9	浮力调节 (B ₇)	0.120 4
			操作简单 (B ₈)	0.023 8
			使用舒适 (B ₉)	0.053 9
	发展需求 (A ₄)	0.198 1	动作纠正 (B ₁₀)	0.054 9
			娱乐性 (B ₁₁)	0.249 2
			远程可视 (B ₁₂)	0.095 8

3.2 确定设计要求以及设计要求目标 (功能)

为了保证技术知识使用的准确性与专业性, 通过文献查阅和对从事游泳专业的相关专业人员进行访谈, 收集游泳辅助产品的相关技术特性资料, 将用户需求转化为相关设计技术要求。为方便与 FBS 模型顺利衔接, 此处将设计要求对应为设计要求目标, 即产品功能特性, 具体儿童游泳辅助产品的设计要求及设计要求目标见表 3。

表 3 设计要求目标的确定
Tab.3 Determination of design requirements and goals

设计要求 (C)	设计要求目标 (G)
外观设计 (C ₁)	吸引儿童注意力 (G ₁)
预警系统设计 (C ₂)	溺水报警 (G ₂)
防水结构设计 (C ₃)	漏电保护 (G ₃)
浮力单元设计 (C ₄)	浮力调节 (G ₄)
交互方式设计 (C ₅)	学习反馈 (G ₅)
支撑主体设计 (C ₆)	方便携带 (G ₆)
携带方式设计 (C ₇)	不影响活动范围 (G ₇)
学习模块设计 (C ₈)	运动采集 (G ₈)
智能控制设计 (C ₉)	家长教练方便监测 (G ₉)
娱乐方式设计 (C ₁₀)	戏水功能 (G ₁₀)

3.3 QFD 关系矩阵构建

3.3.1 构建质量屋

引入用户需求和设计要求两要素, 构建 HOQ 关系矩阵。将用户需求排列在左侧构成质量屋的左墙; 将关于技术的相关设计要求排在上侧构成质量屋的屋顶; 用户需求与设计要求的关联度构成质量屋的内容。

3.2.2 评价打分

找到游泳专业人士进行相关度打分, 用“●”、“○”、“△”和空白分别代表用户需求与设计要求之间的关联程度并赋值 5、3、1、0, 分别代表“强关联度”“中等关联度”“弱关联度”“无相关”, 关系矩阵质量屋见表 4。

表 4 用户需求与设计要求质量屋
Tab.4 User needs and house of quality for design requirements

用户需求	设计要求									
	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉	C ₁₀
B ₁	△									
B ₂	△									
B ₃	○		△							●
B ₄		●	○		△				○	
B ₅		△		△						
B ₆				●				△		
B ₇					△					
B ₈		○		○	○	○	△			△
B ₉					△	△		●		
B ₁₀		○					○	△		
B ₁₁							△	●		●
B ₁₂				△			●	●	○	
重要度系数 Y_j	2.3%	14.3%	4.5%	13.6%	5.3%	5.0%	2.1%	20.2%	10.0%	22.6%
排序	9	3	8	4	6	7	10	2	5	1

3.2.3 计算最终得分

根据以上质量屋的打分结果和用户需求重要度，通过式（8）计算设计要求权重。

$$\omega_j = \sum_{i=1}^n N_i R_{ij} (i=1,2,10; j=1,2,11) \tag{8}$$

式中： N_i 代表用户需求重要程度； R_{ij} 代表用户需求与设计要求之间的关联度。接下来将计算所得的设计要求重要度进行规范化，得到设计要求权重系数，即第 j 项设计要求的权重系数 Y_j ，计算见式（9）。

$$Y_j = \omega_j / \sum_{n=1}^n \omega_i \tag{9}$$

由式（9）计算可知，排名前 4 的设计要求从高

到低依次是：娱乐方式设计（ C_{10} ）、学习模块设计（ C_8 ）、预警系统设计（ C_2 ）、浮力单元设计（ C_4 ）。该 4 项设计要求的权重占比共计 80.78%，在总体设计需求中占比较大，其他的设计要求可融入这几个关键设计要求中。此外娱乐方式设计（ C_{10} ）的单独占比达 22.6%，是重点设计项。

3.4 FBS 功能-行为-结构映射转化

经以上质量屋矩阵运算，得到重点设计要求分别为：娱乐方式设计（ C_{10} ）、学习模块设计（ C_8 ）、预警系统设计（ C_2 ）、浮力单元设计（ C_4 ），分别归纳为：娱乐功能、学习功能、调节功能、预警功能，作为 FBS 模型中的功能要素进行层级映射，见图 4。

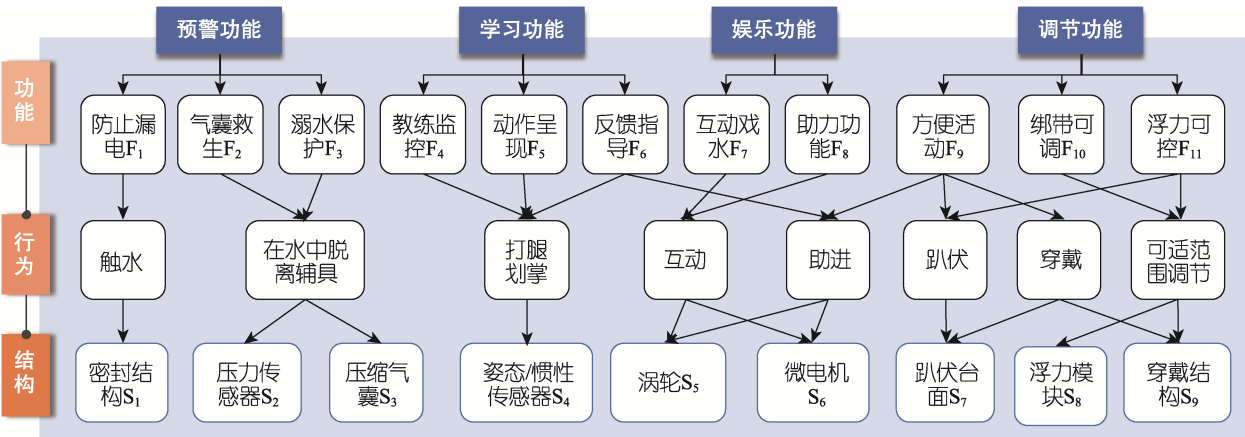


图 4 儿童游泳辅助产品 FBS 层级映射
Fig.4 FBS hierarchy mapping for children's swimming auxiliary products

功能-行为转化（F-B）：将 HOQ 中得出的 4 项关键设计要求，作为此次儿童游泳辅助产品的关键设计目标在“功能-行为”转换过程中进行映射转化，所谓“行为”主要是指预期行为，这些行为可以同时或依次进行，且可以通过绘制用户旅程图看出行为之间的关系。

行为-结构转化（B-S）：基于以上功能行为的转化表达，进一步将精细的用户行为转化为实现这些功能的结构模块或组件。在此过程中，实现某一功能的结构可能存在交叉对应的情况，可将多个相互关联的结构组合成一个结构模块，这样可以使产品的整体结构更加紧凑。应考虑功能的共性，合理分布各结构模块，区分行为与功能之间的相似与差异性，力求使结构多功能化，减小设计体量。

4 设计实践—以“Whale”鲸鱼仿生游泳浮板为例

4.1 用户定位

根据《教育大辞典》对儿童群体进行划分的标准：婴幼儿期（0~2 岁）、幼儿期（3~4 岁）、学前期（5~7

岁）和儿童期（8~12 岁）^[13]。本文将人群定位为学前期（3~7 岁，没有游泳经验且对水有一定恐惧心理的游泳初学儿童），这个时期的儿童好奇心强且具备一定的学习能力，但受限于身心发展，往往对未知的事物既恐惧又富有探索欲^[14]。

4.2 设计表现

经以上分析展开儿童游泳辅助产品的设计实践，根据 4 个主要功能模块展开设计，以“Whale”鲸鱼仿生游泳浮板为例，为 3~7 岁的儿童设计了一款用户需求导向的儿童游泳辅助产品，设计说明见图 5。

4.2.1 预警功能模块设计——保障安全

预警功能是 4 个功能中最重要的部分，包含防止漏电（ F_1 ）、气囊救生（ F_2 ）、溺水保护（ F_3 ）等功能子集，分别对应密封结构（ S_1 ）、微型压力传感器（ S_2 ）、压缩气囊结构（ S_3 ）等。防止漏电功能在儿童入水后被启动，作为在水中使用的产品，必须确保儿童在使用过程中的用电安全；气囊救生功能用于检测儿童是否有溺水危险，水中环境复杂多变，在侧翻或浮力失效情况下，检测器可以对意外情况进行检测并发出警报，随之弹出安全气囊保护使用者的安全。

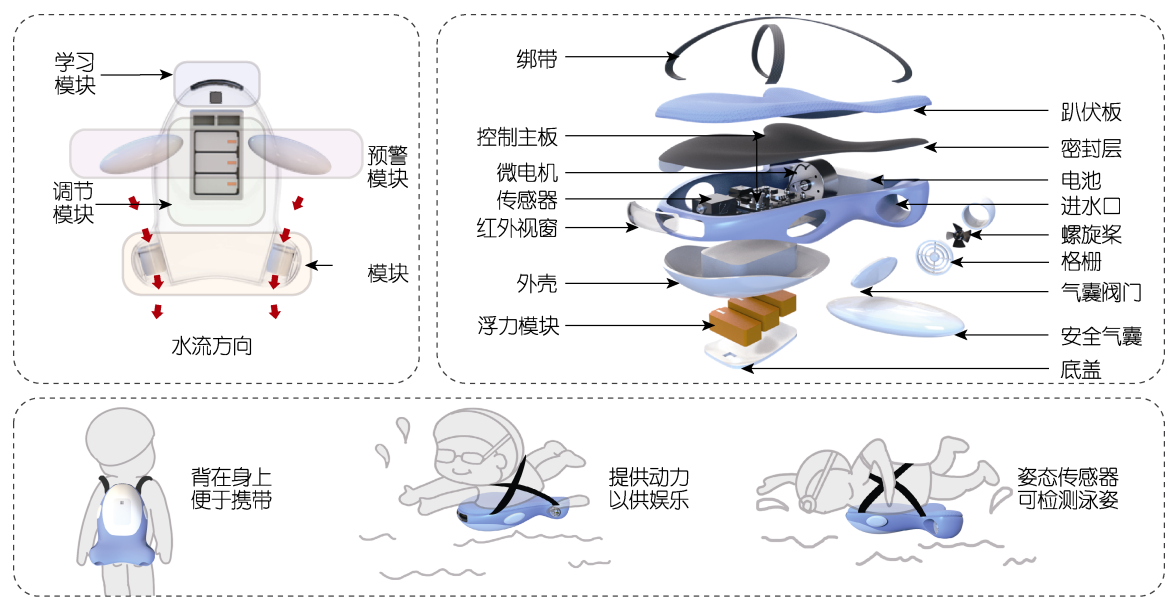


图 5 “Whale” 鲸鱼仿生浮板设计说明
Fig.5 Design description of "Whale" bionic float

4.2.2 学习功能模块设计——提升效率

学习功能属于儿童游泳辅具的基本功能,包括教练监控 (F_4)、动作呈现 (F_5)、反馈指导 (F_6) 等,对应姿态/惯性传感器 (S_4) 结构。内腔中通过加入姿态/惯性传感器等智能检测装置,将水中的游泳动作与陆地上的智能终端连在一起,家长和教练可以在手机上实时监测和指导儿童的游泳情况。

游泳浮板整体支撑在使用者的胸部下方由绑带固定,不干预四肢活动。浮力支撑点位于身体前方,将游泳者的头部托起,不易造成游泳者在不熟悉水性的情况下将头埋入水中而产生恐惧心理的情况。

4.2.3 娱乐功能模块设计——消除恐惧

由前文质量功能展开分析可知,娱乐功能是儿童游泳辅具的重点设计项。娱乐功能包括互动戏水 (F_7) 和助力功能 (F_8),分别对应微电机 (S_6) 和涡轮结构 (S_5)。娱乐化设计是儿童产品区别于普通产品最关键的一点,不仅可以吸引儿童的兴趣,还可以消除儿童的恐水心理。通过加入微电机和涡轮为浮板增加动力系统,不仅可以减轻游泳时的疲劳,还可以助儿童建立兴趣和自信。此功能供儿童在游泳之余玩乐,触发按钮使微电机带动涡轮旋转,水通过涡轮的阻力形成向前的推力,使游泳者能够不费力气而在水面滑行。

4.2.4 调节功能模块设计——建立自信

调节功能包括绑带可调 (F_{10}) 和浮力可控 (F_{11}),分别对应穿戴结构 (S_9) 和浮力模块结构 (S_6)。穿戴结构由卡扣和绑带组成,将浮板与人体胸腔稳定连接在一起,以免在使用过程中人板分离,卡扣带可根据儿童胸围尺寸大小调节;浮力模块由 3 个浮力、体积、大小等规格均相同的浮块组成,浮块的材料因自

带浮力而无需充气。游泳者可以根据自身游泳水平加減浮块,循序渐进地适应游泳进度,慢慢克服对脱离浮板的恐惧感和不安感。

4.2.5 外观设计

外观设计属于视觉层面,所以不参与 FBS 的映射流程。根据前期用户调研得到的外观需求进行外观设计实践:整体外形为鲸鱼仿生造型以更具亲和感,形态可爱、圆润以吸引儿童的注意力;与皮肤贴合的板面采用人体工学设计,ETP 发泡材料与身体接触时更舒适温和,趴伏台面设计为凹凸纹理以起到防滑的作用;浮板前侧的红外检测视窗仿生鲸鱼的嘴巴,可以借助内部的姿态传感器结构检测游泳者的动作姿态是否正确;浮板侧方的气囊弹出装置形态上为仿生鲸鱼鳍造型,功能上模仿鲸鱼靠鱼鳍向前游行并保护自己;浮板后方两个涡轮的位置向外阔开,为仿生鱼尾造型,起到在水中增大平衡力的目的。最终设计效果图见图 6。

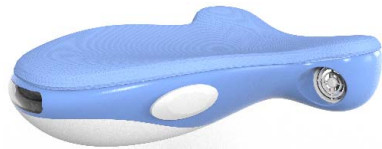


图 6 “Whale” 鲸鱼仿生游泳浮板设计效果图
Fig.6 Design renderings of "Whale" bionic swimming float

4.3 设计评价

为验证设计方案的有效性,再次邀请前期参与调研的 64 位家长及儿童参与设计评价。从前期调研得出的用户需求中提取“安全性”“美观性”“高效性”“实用性”“娱乐性”“创新性”在内的 6 项产品特性进行满意度打分。采用 5 级 Likert 心理反应量表

(“5”代表非常同意、“4”代表同意、“3”代表中性、“2”代表不同意、“1”代表非常不同意), 平均值大于3表示满意度好, 具体评价结果见图7。由图7可知, 用户的满意度得分均大于3, 说明此游泳浮板用户满意度较高, 表示以上设计方法具有可行性。

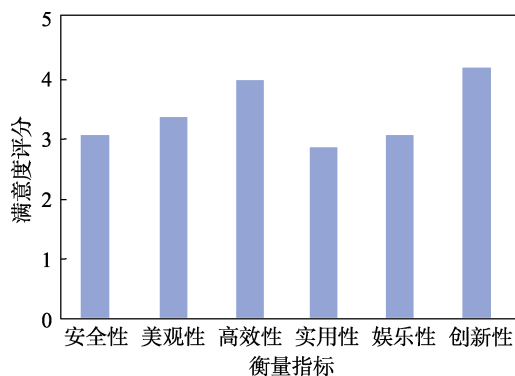


图7 设计评价结果

Fig.7 Design evaluation results

5 结语

针对儿童在游泳学习过程中存在恐水心理, 但儿童游泳辅助领域创新设计较少的问题, 本文提出一种QFD-FBS融合的创新设计演绎方法。纵观研究过程, 从设计前期的用户需求筛选, 到功能层的一一映射, 再到逐步实现结构层次模块组件的清晰化, 最后设计实践既保障了儿童学习游泳过程中的安全, 又提升了学习游泳的效率, 还有效地消除了儿童的恐水心理, 最终的设计评价结果表示满意度较高, 验证了QFD-FBS方法的结合在游泳辅助产品领域的可行性。本研究是一种设计创新上的尝试, 适应当下设计快速产出的需求, 未来应结合用户的负向反馈不断提升儿童游泳辅助产品的用户满意度。

参考文献:

- [1] 李蕾, 张志泉, 郑成中. 儿童溺水的防治方案专家共识[J]. 中国当代儿科杂志, 2021, 23(1): 12-17.
LI L, ZHANG Z Q, ZHENG C Z. Expert Consensus on the Prevention and Treatment of Child Drowning[J]. Chinese Journal of Contemporary Pediatrics, 2021, 23(1): 12-17.
- [2] 方佳璐, 陈明艳, 黄紫荆. 漂浮自救泳衣设计开发[J]. 纺织学报, 2020, 41(12): 118-123.
FANG J L, CHEN M Y, HUANG Z J. Design and Development of Floating Self-rescue swimsuit[J]. Journal of Textile Science, 2020, 41(12): 118-123.
- [3] 王慧丽, 许立新, 赵静, 等. 利用三角式气垫蛙泳辅助训练器进行游泳教学的研究[J]. 武汉体育学院学报, 2002(1): 111-112.
WANG H L, XU L X, ZHAO J, et al. Research on Swimming Teaching Using Triangular Air Cushion Breaststroke Auxiliary Trainer[J]. Journal of Wuhan In-

- stitute of Physical Education, 2002(1): 111-112.
- [4] 朱熊华, 吴翔, 蒋宏. 一种游泳辅助学习背心: 中国, CN201922078190. X[P]. 2021-01-08.
ZHU X H, WU X, JIANG H. An Aided Swimming Learning Vest: China, CN201922078190.X[P]. 2021-01-08.
- [5] 中国人民解放军海军潜艇学院. 一种浮推式游泳辅助装置: 中国, CN202021706467. X[P]. 2021-07-02.
Naval Submarine Academy of the Chinese People's Liberation Army. A Floating-Push Swimming Auxiliary Device: China, CN202021706467. X[P]. 2021-07-02.
- [6] 王震, 吕健, 潘伟杰, 等. 基于AHP和QFD的分拣设备质量评估方法研究[J]. 机械设计, 2019(10): 39-45.
WANG Z, LYU J, PAN W J, et al. Research on Quality Evaluation Method of Sorting Equipment Based on AHP and QFD[J]. Machinery Design, 2019(10): 39-45.
- [7] 韦艳丽, 冀源, 王超凡, 等. 基于QFD&TRIZ的帕金森患者助行器优化设计研究[J]. 包装工程, 2023, 44(2): 158-166.
WEI Y L, JI Y, WANG C F, et al. Research on Optimal Design of Walking Aids for Parkinson's Patients Based on QFD&TRIZ[J]. Packaging Engineering, 2023, 44(2): 158-166.
- [8] WU X, NIE L, XU M. Robust Fuzzy Quality Function Deployment Based on the Mean-end-chain Concept: Service Station Evaluation Problem for Rail Catering Services[J]. European Journal of Operational Research, 2017, 263(3): 974-995.
- [9] 张丙辰, 胥巧巧, 杨俞玲, 等. 基于FBS模型扩展的儿童玩教具创新设计研究[J]. 包装工程, 2021, 42(12): 121-127.
ZHANG B C, XU Q Q, YANG Y L, et al. Research on Innovative Design of Children's Playing Aids Based on FBS Model Extension[J]. Packaging Engineering, 2021, 42(12): 121-127.
- [10] 许艳秋, 宋端树, 辜俊丽, 等. 基于QFD与FBS模型的坐便器多适性设计研究[J]. 包装工程, 2018, 39(24): 283-287.
XU Y Q, SONG D S, GU J L, et al. Research on Multi-adaptive Design of Toilet Based on QFD and FBS Model[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(24): 283-287.
- [11] 汪莎莉, 张军. 自由泳分解练习在少儿完整技术中的作用[J]. 上海体育学院学报, 2002, 66(S1): 117-123.
WANG S L, ZHANG J. The Role of Freestyle Decomposition Exercises in Children's Complete Technique[J]. Journal of Shanghai Institute of Physical Education, 2002, 66(S1): 117-123.
- [12] 谢弗 H R. 儿童心理学[M]. 北京: 电子工业出版社, 2016.
SCHAEFFER H R. Child Psychology[M]. Beijing: Electronic Industry Press, 2016.
- [13] 张幼坤. 教育大辞典[M]. 北京: 高等教育出版社, 1990.
ZHANG Y K. The Dictionary of Education[M]. Beijing: Higher Education Press, 1990.
- [14] 徐虹. 恐惧及发展: 儿童精神成长的构成要素[J]. 上海教育科研, 2018(5): 39-42.
XU H. Fear and Development: Components of Children's Spiritual Growth[J]. Shanghai Educational Research, 2018(5): 39-42.