

基于野外环境的便携式氢燃料电池创新设计研究

杨子杵, 丁刚毅, 孙博文, 计越, 张宇博

(北京理工大学, 北京 100081)

摘要: **目的** 探索野外环境下便携式氢燃料电池产品设计研究。**方法** 以便携性、实用性和安全性为依据展开研究,共设计8种色彩搭配及5种造型方案。邀请被试人员进行实验,通过眼动实验对数据进行分析,评估便携式氢燃料电池产品设计。其中,两根钢管贯穿机身方案的可拎取自由度高,符合军备用品造型定位,还能增强产品的牢固性,是实验中的最优选择。**结论** 色彩设计方面,稳重、隐蔽、越野的色彩元素是为最优;交互设计方面,易学、圆润为最适合的设计模式,其对提高操作效率与功能辨识度具有一定作用。

关键词: 绿色环保; 野外环境; 新型材料—氢燃料电池; 创新设计研究

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2021)10-0006-08

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2021.10.002

Innovative Design Research of Portable Hydrogen Fuel Battery Based on Wild Environment

YANG Zi-chu, DING Gang-yi, SUN Bo-wen, JI Yue, ZHANG Yu-bo

(Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China)

ABSTRACT: The work aims to explore the portable hydrogen fuel battery design in the wild environment. Based on portability, practicability and safety, eight color collocations and five modeling schemes were designed. Participants were invited to conduct experiments, and the data were analyzed through eye-tracking experiment to evaluate the design of portable hydrogen fuel battery. Among them, the scheme of two steel pipes through the fuselage not only can achieve high degree of freedom to carry, in line with the modeling positioning of military supplies, but also enhance the solidity of the product, which is the best choice to enhance the firmness of the product. In terms of color design, stable, concealed and off-road design elements are the best design scheme. In terms of interaction design, easy-to-learn and mellow are the most suitable design modes, which play a certain role in improving operation efficiency and function identification.

KEY WORDS: environmental friendly; wild environment; hydrogen fuel battery; innovative design research

当下全球环境问题日益受到关注,太阳能、风能等清洁能源逐步成为替代传统燃料的最优选择。然而其间歇性、波动性、随机性等问题并不适用于移动场景。氢燃料作为可高效转化的清洁能源,生产成本低、来源广泛,成为移动便携能源的首选。因此,氢燃料电池在提升移动设备工作效率方面具有较好发展前景。其中,实用性、安全性、便携性是用户关注的核

心问题,优秀的氢燃料电池设计可以整合和优化工作效率,使设备应用环境更加广泛。

1 研究现状

野外发电环境中,氢燃料电池在便携设计方面一直存在挑战。便携性是指在形式、功能、交互等方面

收稿日期: 2020-12-21

基金项目: 北京理工大学青年教师学术启动计划(XSQD-202118001)

作者简介: 杨子杵(1991—),男,北京人,北京理工大学博士生,主要从事产品交互设计方面研究。

通信作者: 孙博文(1982—),男,山东人,北京理工大学助理教授,主要从事工业设计、交互设计和社会创新设计方面研究。

都易于用户在短时间内掌握。对于基于野外环境下使用的便携式氢燃料电池,不仅需要考虑设备本身的设计,还要注重安全性因素^[1]。

在技术层面,氢燃料电池不直接将 H₂ 作为燃料,而是使用预先储存的制氢材料制作 H₂ 后进行发电反应,其中制氢原料的便携性和安全性是关键要素。便携式燃料电池系统包括自动可控制氢装置及燃料电池,其中自动可控制氢装置包括料罐、落料桶、送料机构、反应釜、自动控制系统及氢气净化稳压系统。料罐与送料机构通过缸体连接,通过送料机构里设有装料孔的活塞杆的往复运动,将料仓内制氢材料输送到反应釜内;反应釜设有入水口、排气口、泄压阀及防水透气隔板;自动控制装置主要包括压力控制模块、电机功率控制模块,通过监控反应过程的压力反馈调节装料速率,压力超过限值时,泄压阀打开,排出反应釜内气体;反应釜的出气口与氢气净化稳压系统连接,氢气净化稳压系统设有干燥装置及稳压装置,保证氢气纯净、流量稳定。输出的氢气通入燃料电池进行发电。该便携式燃料电池制氢系统可控,制得的氢气纯净,流量输出稳定,反应产物可以回收利用,自动化程度高,安全性高,操作简单,便于携带和拆卸,可以应用于现场实时制氢和燃料电池发电。

目前氢燃料电池采用的应急能源和车载系统等电源大多以金属铝水解制氢^[2]。而高活性金属材料与水反应可快速制取高纯氢气并释放大量的热,该材料可替代传统氢气存储携带方式,从而实现按需制氢。氢气间接储存在金属材料中,提高了氢燃料电池系统的安全性和便携性。针对这一新型材料的特殊环境应用,国内外学者展开了大量实践研究,取得了一定成果。

在国外,Anderson 等人针对传统氢气发生器的装置复杂度和制氢效率不可控等局限性研发了一种便携式氢气发生器^[3],其构造包含加料斗、水箱、反应室等,解决了连续供料和按需制氢和便携性等难题,且反应只消耗铝粉和水,具有良好的安全性和方便清洗的特性,极大增强了产品便携性,见图 1。

Bio Coke 公司开发的便携式氢燃料电池采用水和氧化镁反应作为氢气来源^[4],其目标市场主要为办公场所和市政府,因此并没有考虑野外等特殊环境下的使用,见图 2。

在国内,孙元明、黄岳祥研发的制氢设备是通过压力传感器控制,可有效控制制氢效率,实现设备连续操作的可能性,见图 3。然而该设备的复杂体系导致其并不具备便携性,且废液残留会影响后续操作^[5]。

张军、张陶、张佳等人发明了移动设备用氢气发生器,该设备优势在于可调节氢气的生成速率从而达到按需供氢的要求,但是其并不具备持续添加材料实现持续反应的能力^[6],见图 4。

总体来说,氢燃料电池具有大面积取代锂电池的

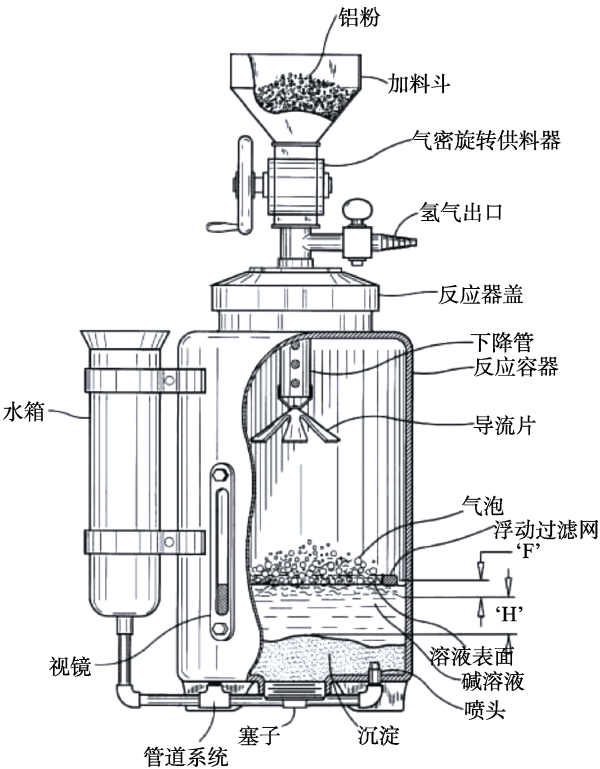


图 1 Anderson 等发明的便携式氢气发生器
Fig.1 Method for producing hydrogen,
Anersen E R, Andersen E J, 2003



图 2 日本环境技术公司 Biocoke Lab 便携式氢燃料电池
Fig.2 MAGUPOPO, Biocoke Lab, 2013

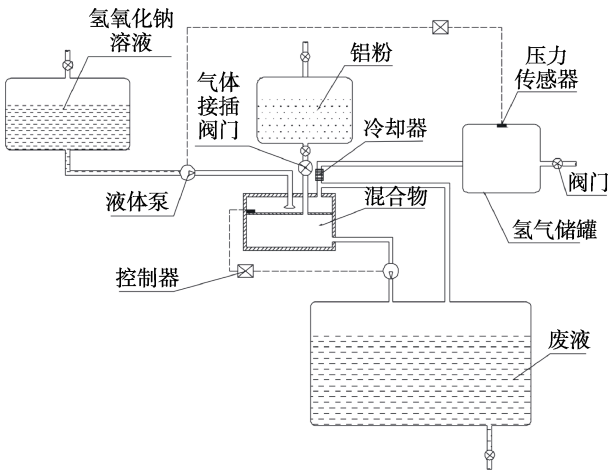


图 3 孙元明等发明的铝水反应制氢系统
Fig.3 Method for producing hydrogen, Sun Yuan-ming, 2002

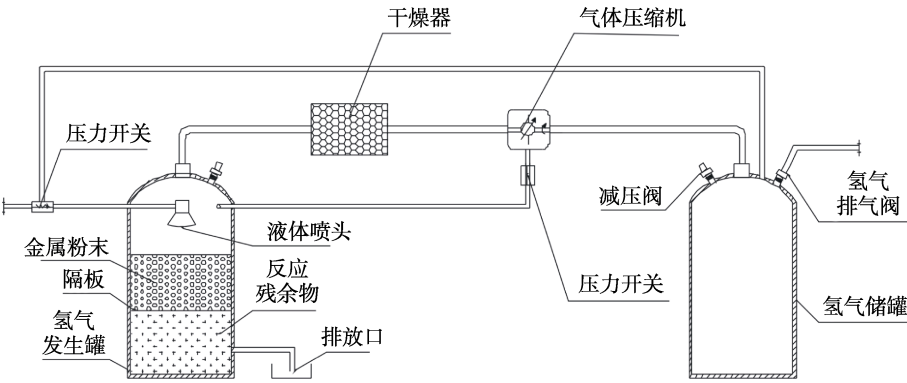


图 4 张君等发明的移动设备用氢气发生器
Fig.4 Method for producing hydrogen, Zhang Jun, 2008

潜力,但在安全和便携方面具有更复杂的要求。另外,制氢材料和化学反应的环境也是非常重要,对其产品设计具有重要影响。目前,在国外已有商业应用产品的情况下,我国便携式氢燃料电池的产品设计仍处于探索阶段,并未出现可实现大范围商业应用的产品。

2 便携式氢燃料电池设计要素分析

野外环境不同于城市环境,存在诸如地质勘探、野外救援、军事行动及户外探险等复杂多样的行动环境,普遍存在通讯信号差、GPS 定位难、自身安全风险高等问题。便携式氢燃料电池可有效解决此类情况下电子设备的正常续航。在具体研究中,需针对野外环境特殊性综合考量便携式氢燃料电池的材料、造型、交互等方面要求。

首先,在材料方面,材料的选择需适应产品所处环境,以最大程度保障产品功能正常实现。目前市面上已有产品基本以塑料为主。野外环境下,昼夜温差大、地质环境复杂,相比塑料材料,金属材料防水、防潮,且稳固性更加优秀。另外,在不影响产品功能的基础上对产品材质进行优化,例如在产品不锈钢把手上嵌套橡胶,能够创造更好的使用体验。

其次,在造型方面,野外环境下使用更注重便携性,在满足功能和内部构造不变的基础上,外部结构要更适合便于搬运和空间利用^[7];产品的色彩除强调产品的信息区分外,还需依据用户使用情景进行特殊配色,创造沉浸体验感,增强用户使用粘性^[8]。

第三,在交互方面,需要考虑行为指令的高效性,

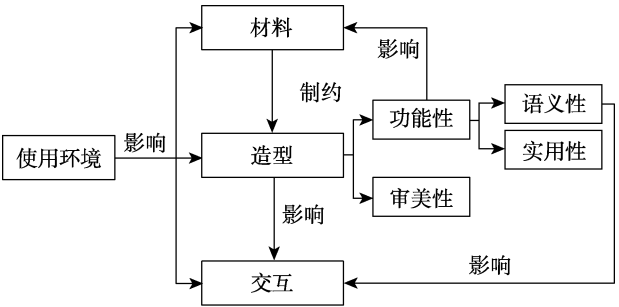


图 5 使用环境与材料、造型和交互之间的关系
Fig.5 The relationship between the environment, moulding, materials and interactive

减少无效行为动作,提高产品的容错度与辨识度。便携式氢燃料电池需要满足着力抓握,即手掌和手指要同时用力,手部控制的尺寸需要调试到合适的尺寸,否则会引起手部酸累,影响产品的使用体验。使用环境与材料、造型和交互之间的关系,见图 5。

3 便携式氢燃料电池设计研究

3.1 材料定位

基于上述分析,设计上选用不锈钢、铝合金、碳纤维这 3 种防水、防潮、散热性能较好且强度高的材料,其材料特性见表 1。

经对比分析,设计选定的是不锈钢材质。其质量轻、强度高、散热快、防潮防水,厚度通常在 6 cm 以下,可通过冲切、复合、拼接等冷加工工艺制造成型,多为平直利落平面,符合本次产品功能定位。

表 1 材料分析
Tab.1 Material analysis

材料	概况	优点	缺点
不锈钢	不锈钢酸钢	良好的耐腐蚀性和耐热性,硬度较强	成本高,不耐碱性介质的腐蚀
铝合金	以铝为基础金属,添加其他合金化元素	较高的强度,导热导电性能好,耐腐蚀且质量轻	表面加工处理技术要求较高,硬度低,耐磨性差
碳纤维	针对金属薄板的一种综合冷加工工艺	质量轻、强度高,导热导电性能好,成本低	加工工艺多为剪、冲切/复合、折弯,大曲面大弧度的造型工艺达不到

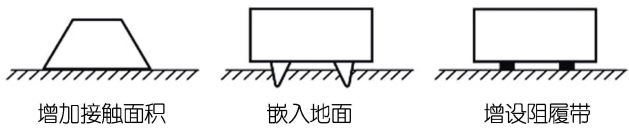


图 6 常用增强稳固性方法
Fig.6 Common methods of enhancing stability

表 2 现有产品特征线提取
Tab.2 Feature line extraction of extraction of existing products

图片	名称	色彩提取	主要特征提取
	野外工具箱		
	便携扩音箱		
	移动终端手持机		
	望远镜		
	发电机		
	手持终端		

3.2 造型定位

首先在使用环境方面，基于野外环境，便携式氢燃料电池使用状态需水平静置，因而产品的稳定性是造型首要考量。在稳定性设计上通常采用增加底部与地面接触面积、嵌入地面、增设阻隔带 3 种方式以保证稳定，见图 6。

底部面积增大能较好提升产品稳定性，但造型呈现梯形趋势，除底面与顶面，其他面均与地面有一定夹角，携带过程中底部棱角易与用户发生刚蹭，不便于携带和运输；嵌入地面的设计方式多应用于野外体量小的产品，且对地面松软度要求较高。增设阻隔带的设计方式能较好地保证造型完整性，且简单高效、成本低，一般选用耐磨损、体量轻的橡胶材质。

其次，在造型元素方面，目前多数野外产品表面有凸起纹理，一方面丰富了产品视觉层次，另一方面增强了产品外壳强度，增加了摩擦力。笔者整理了现有野外产品，并进行了主要特征线及色彩提取，见表 2。

通过提取分析发现，现有产品造型特征多为“X”型、梯形以及“工”字型；造型偏向硬朗，曲面较少且在不影响使用的前提下，会将把手等设计尽量融入产品本身，不显得突兀，也不占用额外空间。黑色、绿色为此类产品主导色。

3.3 交互定位

在工业设计中“便携式”的定义为：在产品的使用功能不受影响的前提下，尽量使产品机构或是产品中的大零部件轻量化、小型化，使原来难以移动或是

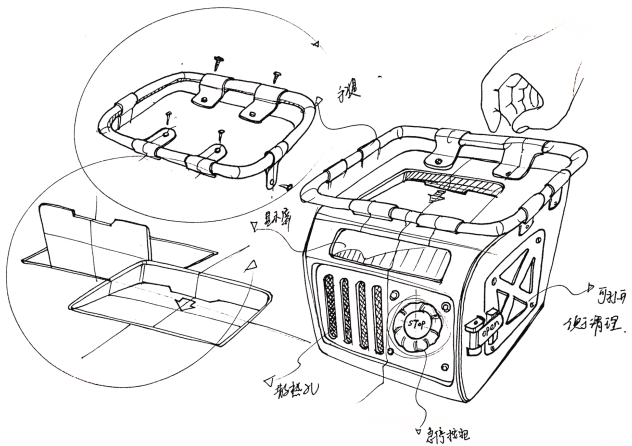


图 7 抓握方位考量
Fig.7 Consideration of grasping position

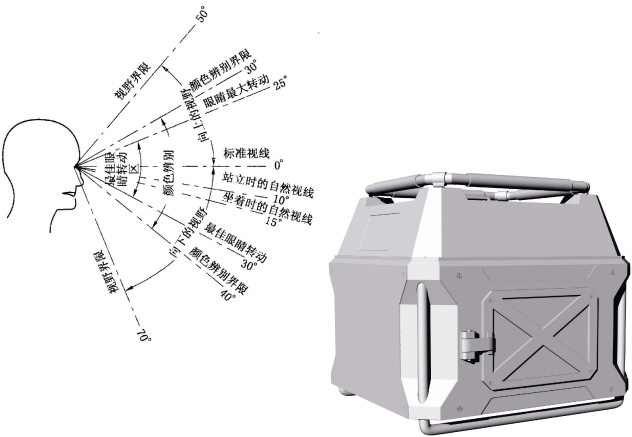


图 8 最佳倾斜角度
Fig.8 Optimum tilt angle

不能移动的产品成为方便携带的产品^[9]。因此在本产品交互方面最重要的环节即解决使用者对于产品“便携”的需求。在不影响产品基本功能的前提下，要尽量使其形态、体积轻量化和小型化，以达到方便携带和移动的目的。为不影响电池在野外活动的自由度，在设计上要实现多角度全方位抓握，即拎即走，见图 7。而在实现抓握自由的同时，也需要对所选材料以及加工工艺进行考量。钣金产品体量感大且较为整体，只可单方向折弯，接口处会有焊点出现，因此造型尽量简洁以保证造型的整体性。

在使用控制面板时，用户多为俯身操作，因此从人机工学视角进行相关的角度设计，避免垂直于地面，确保用户操作时的最佳倾斜角度，见图 8。

4 实验设计

4.1 实验目的

通过实验测试便携式氢燃料电池产品色彩搭配和交互设计是否符合设计需求。实验平台为北京理工大学工信部重点实验室眼动测试环境。实验素材为便携式氢燃料电池样机及配套设计方案。通过对用户眼

球数据监测等系列指标进行评价,选出最令用户感到生理舒适和心理满意的方案,从而为项目设计提供客观数据支撑^[10]。

4.2 实验对象

基于课题针对人群定位,实验对象共 10 人,其中男性 3 人,女性 7 人。受测者均无色盲和色弱,视力或矫正视力均在 1.0 以上。

4.3 实验过程

本次实验使用瑞典 Tobii 公司 Tobii Glasses2 眼镜式眼动仪作为实验测试仪器,使用 Tobii Pro Lab 进行实验数据采集与分析。

实验一:配色设计实验。对本次设计的便携式氢燃料电池涂装进行配色设计,共得到 8 款迷彩配色设计方案,见图 9,对设计方案进行编号,构建 8 个色彩样本,将色彩样本按同一角度、同一比例展示在一张图上,形成 8 个眼动测试 AOI 区域^[11]。将选定的感性意象词(稳重的、隐蔽的、越野的)绘制于词汇图上,编号为 W1, W2, W3;将 8 个色彩样本,分别编号为 P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8。将其排列在一张整合图上,共计 3 张。将上述图片导入电脑显示屏,将每个词汇图和一张整合图称为一组,一组里先显示 5 s 意象词汇图,再显示 15 s 整合图。实

验对象依据感性意向词汇找到整合图中最贴合的样本,找到后注视该样本,以便于后期统计数据。

实验二:造型特征设计实验。对本次设计的便携式氢燃料电池进行造型特征设计,共得到 5 款上端把手造型特征设计方案,见图 10。对设计方案进行编号,构建 5 个造型特征样本,将色彩样本按同一角度、同一比例展示在一张图上,形成 5 个眼动测试 AOI 区域。将选定的感性意象词汇(易学的、圆润的、舒适的)绘制于词汇图上,编号为 W1, W2, W3;将 5 个造型特征(上端把手)样本,分别编号为 P1, P2, P3, P4, P5。将其排列在一张整合图上,共计 3 张。将上述图片导入电脑显示屏,将每个词汇图和一张整合图称为一组,一组里先显示 5 s 意象词汇图,再显示 15 s 整合图。实验被试依据感性意向词汇找到整合图中最贴合的样本,找到后注视该样本,以便于后期统计数据。

实验一结束后,将所有用户测试数据进行叠加,得出综合排序数据。眼动实验数据见图 11。根据数据结果,首次注视时间由短到长依次为 P2, P3, P1, P5, P4, P6/P8, P7;注视时长由多到少依次为 P3, P4, P8, P2, P5, P7, P6, P1;每个 AOI 的注视点数目由多到少依次为 P3, P4, P2, P8, P5, P1, P6, P7(见表 3)。最后,根据首次注视时间、注视时长



图 9 实验一 实验样本
Fig.9 The sample for test one

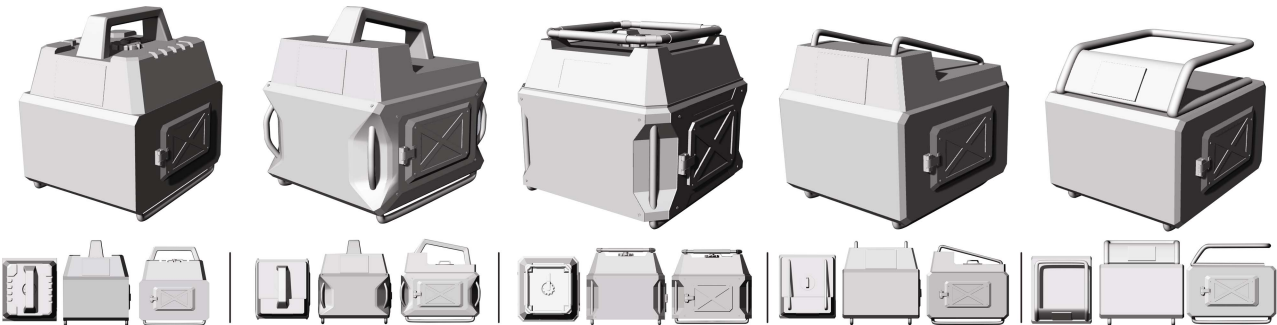


图 10 实验二 实验样本
Fig.10 The sample for test two

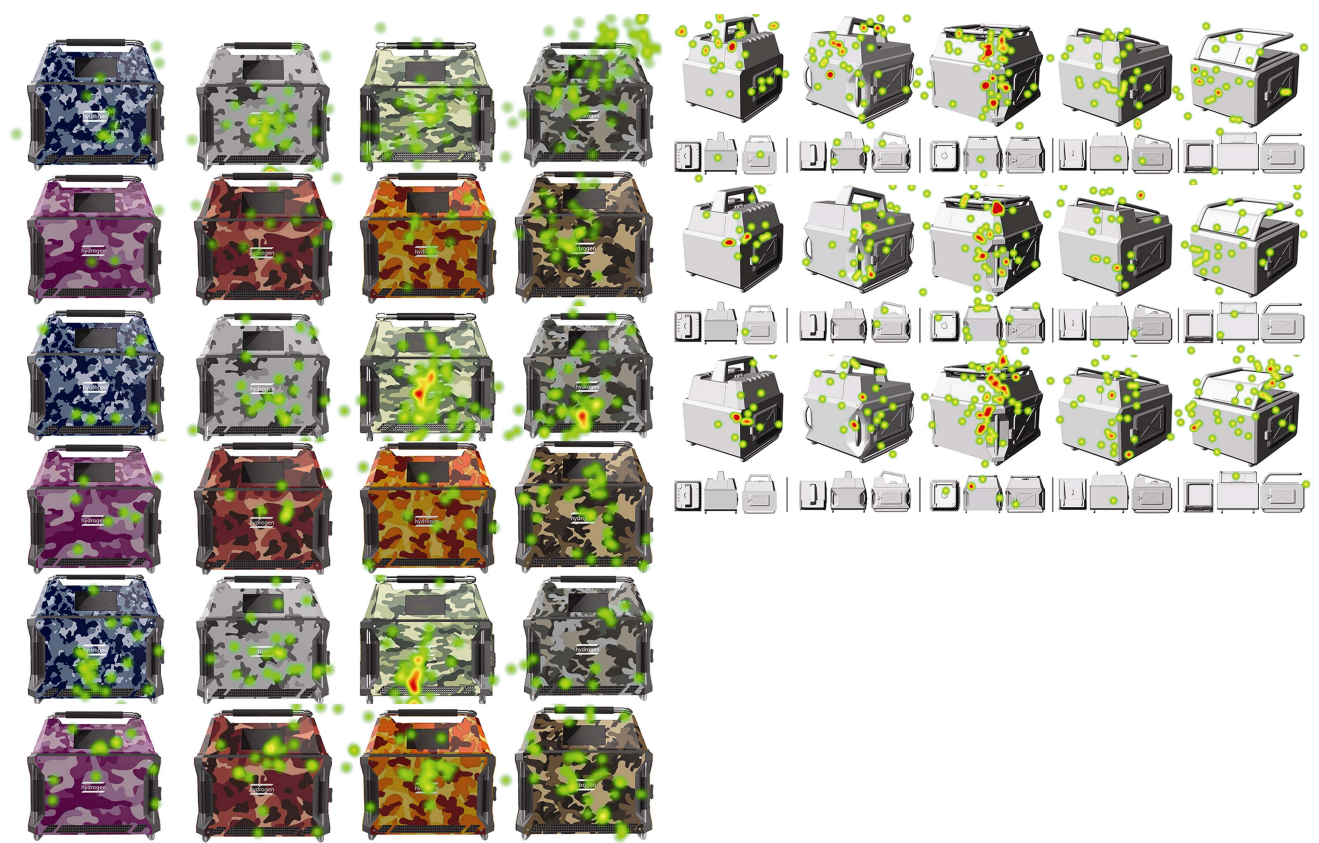


图 11 眼动实验数据
Fig.11 The data of eye-tracking experiment

表 3 实验一眼动实验数据
Tab.3 The test result for test one

	AOI	稳重的	隐蔽的	越野的	求和	排序
首次注视时间/s	P1	2.48	1.24	2.39	6.11	3
	P2	0.23	0.15	1.41	1.79	1
	P3	0.83	2.33	0.58	3.74	2
	P4	2.82	1.74	2.75	7.31	5
	P5	3.28	2.25	1.42	6.95	4
	P6	3.55	2.89	2.09	8.53	6
	P7	4.85	4.15	2.91	11.91	7
	P8	3.20	2.17	3.16	8.53	6
注视时长/s	P1	0.40	0.49	0.82	1.71	8
	P2	3.02	1.26	0.96	5.24	4
	P3	2.24	5.53	4.84	12.61	1
	P4	3.07	3.69	0.92	7.68	2
	P5	0.28	0.44	2.53	3.25	5
	P6	0.41	0.39	0.92	1.72	7
	P7	0.14	0.35	1.44	1.93	6
	P8	2.32	1.88	2.95	7.15	3
每个 AOI 的 注视点数目/s	P1	1.38	1.29	3.00	5.67	6
	P2	6.10	2.89	3.25	12.24	3
	P3	4.11	7.30	6.11	17.52	1
	P4	5.80	5.75	2.00	13.55	2
	P5	1.11	1.80	3.67	6.58	5
	P6	1.50	1.60	2.30	5.4	7
	P7	1.00	1.40	2.67	5.07	8
	P8	3.50	3.20	4.00	10.7	4

表 4 实验二眼动实验数据
Tab.4 The test result for test two

	AOI	易学的	圆润的	便携的	求和	排序
首次注视时间/s	P1	1.78	2.24	2.43	6.45	3
	P2	1.24	0.82	1.64	3.70	2
	P3	0.21	0.04	0.88	1.13	1
	P4	2.36	1.45	3.33	7.14	4
	P5	3.86	2.58	4.40	10.84	5
注视时长/s	P1	1.38	1.47	1.90	4.75	4
	P2	2.16	1.08	2.10	5.34	3
	P3	4.61	6.38	3.86	14.85	1
	P4	2.06	1.67	1.00	4.73	5
	P5	1.78	2.29	1.98	6.05	2
每个 AOI 的 注视点数目/s	P1	4.50	4.00	3.00	11.5	3
	P2	4.89	3.00	3.30	11.19	4
	P3	6.10	7.60	6.10	19.8	1
	P4	4.13	2.71	2.78	9.62	5
	P5	3.86	5.63	3.75	13.24	2



图 12 最终模型
Fig.12 Final model design

及每个 AOI 的注视点数目综合分析，AOI 中类目 P3 最符合意象定位。

实验二与实验一的数据处理方法相同。在得到的综合排序数据中，首次注视时间由短到长依次为 P3，P2，P1，P4，P5；注视时长由多到少依次为 P3，P5，P2，P1，P4；每个 AOI 的注视点数目由多到少依次为 P3，P5，P1，P2，P4（见表 4）。最后，根据首次注视时间、注视时长及每个 AOI 的注视点数目综合分析，AOI 中类目 P3 最符合意象定位。

基于实验获得数据，将最终方案进行优化与完善，对色彩搭配和交互便携性等作出调整。经分析得出产品外观模型，见图 12。将两根钢管贯穿机身，有 3 个意图：（1）可拎取的自由度更高；（2）将机身抬离地面，更有益于散热；（3）有别于市面上的产品造型（造型新颖，更具识别性）。“X”元素融入其中，符合军备用品的造型定位，增强了产品的牢固性，丰富了机身的层次感。色彩采用迷彩军绿色，与使用环境吻合。

5 结语

近年来，针对野外环境中使用的便携式充电产品

需求日益增长。本文从氢燃料电池出发，从便携性、实用性和安全性展开了研究。邀请被试人员进行实验，通过眼动实验对数据进行客观分析与主观评价，评估便携式氢燃料电池的产品设计。基于产品设计需求，研究了便携式氢燃料电池的色彩设计和交互设计的相关问题，明确了其色彩搭配应遵循稳重、隐蔽和越野等设计元素。在交互设计方面，要遵循易学、圆润和便携等设计要素，提高操作效率与功能辨识度。该研究为后续相关领域设计提供了较好的案例说明。

参考文献：

[1] 杨永福, 苏小燕. 浅谈移动电源产品造型创新设计[J]. 数码世界, 2017(2): 85-86.
YANG Yong-fu, SU Xiao-yan, The Mobile Power Product Modeling Innovation Design[J]. DigitalSpace, 2017(2): 85-86.

[2] 刘光明, 解东来. 铝水反应制氢技术研发进展[J]. 电源技术, 2011, 35(1): 109-112.
LIU Guang-ming, XIE Dong-lai, Advance of Hydrogen Production from Aluminum Water Reaction[J]. Chinses Journal of Power Sources, 2011, 35(1): 109-112.

[3] ANERSEN E R, ANDERSEN E J. Method for Producing Hydrogen: The U. S., 6638493[P]. 2003-10-28.

[4] 中国有色冶金. Biocoke Lab 等启动使用氢化镁材料的储氢业务[J]. 中国有色冶金, 2013, 42(6): 18.
ZENG Xiao-dong. Study on Electrolytic Zinc Production in Zinc System with Secondary Zinc Oxide from Lead Fuming Furnace[J]. Chinese Nonferrous Metallurgy, 2013, 42(6): 18.

[5] 孙元明, 黄岳祥. 一种氢气制备方法及其装置: 中国, 02104279.9[P]. 2002-12-11.

- SUN Yuan-ming, HUANG Yue-xiang A Method for Producing Hydrogen: China, 02104279.9[P]. 2002-12-11.
- [6] 张军, 张陶, 张佳. 移动设备用氢气发生器: 中国, 20081002293 3.5[P]. 2008-12-17.
- ZHANG Jun, ZHANG Tao, ZHANG Jia. A Mobile Device for Producing Hydrogen: China, 20081002293 3.5 [P]. 2008-12-17.
- [7] 张衍男. 野外便携式坐具设计[D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2016.
- ZHANG Kan-nan, Field Portable Seats Design[D]. Changsha: Central South University of Forestry and Technology, 2016.
- [8] 张巍瀚. 沉浸式环境中手势交互设计评估方法研究[D]. 绵阳: 西南科技大学, 2020.
- ZHANG Wei-han, Research on Evaluation Method of Gesture Interaction Design in Immersive Environment [D]. Mianyang: Southwest University of Science and Technology, 2020.
- [9] 浦远强. 便携式手持设备的设计与应用研究[D]. 西安: 西安建筑科技大学, 2015.
- PU Yuan-qiang, The Design and Applied Research of Portable Hand-held Devices[D]. Xi'an: Xi'an University of Architecture and Technology, 2015.
- [10] 陈海峰. 电动汽车驾驶台感性设计研究[D]. 合肥: 安徽工业大学, 2019.
- CHEN Hai-feng, Research on Inductive Design of Electric Vehicle Cab[D]. Hefei: Anhui University of Technology, 2019.
- [11] 史庆春, 孙金红, 王健. 基于眼动追踪技术的抛光机造型设计与色彩优选[J]. 机械设计, 2016, 33(8): 105-108.
- SHI Qing-cun, SUN Jin-hong, WANG Jian. Modeling Design and Color Selection of Polishing Machine Based on Eye Tracking Technology[J]. Journal of Machine Design, 2016, 33(8): 105-108.

(上接第5页)

- [5] JOHN S. Strong Localization of Photons in Certain Disordered Dielectric Superlattices[J]. Physical Review Letters, 1987, 58(23): 2486-2489.
- [6] YABLONOVITCH E. Inhibited Spontaneous Emission in Solid-state Physics and Electronics[J]. Physical Review Letters, 1987, 58(20): 2059-2062.
- [7] AIZENBERG J, TKACHENKO A, WEINER S, et al. Calcitic Microlenses as Part of the Photoreceptor System in Vrittlestars[J]. Nature, 2001, 412(6849): 819-822.
- [8] PING T, HEWSON D, VUKUSIC P, et al. Bio-inspired Iridescent Layer-by-layer-assembled Cellulose Nanocrystal Bragg Stacks[J]. Journal of Materials Chemistry C, 2015, 3(17): 4260-4264.
- [9] BANISADR S, CHEN J. Infrared Actuation-induced Simultaneous Reconfiguration of Surface Color and Morphology for Soft Robotics[J]. Scientific Reports, 2017, 7(1): 17521.
- [10] KIM E, XIA Y N, WHITESIDES G M. Two and Three-dimensional Crystallization of Polymeric Microspheres by Micromolding in Capillaries[J]. Advanced Materials, 1996, 8(3): 245-245.
- [11] 阎泽群. 光子晶体传感器非酶法检测尿糖的研究[D]. 北京: 北京理工大学, 2016.
- YAN Ze-qun. A Non-enzyme Matic Urine Glucose Sensor with Photonic Crystal Hydrogel[D]. Beijing: Beijing Institute of Technology, 2016.
- [12] 王彦明. 葡萄糖氧化酶法测定血清葡萄糖反应终点观察[J]. 实用医技杂志, 2008, 15(14): 1822-1823.
- WANG Yan-ming. End Point of Glucose Reaction in Serum Determined by Glucose Oxidase Method[J]. Journal of Practical Medical Techniques, 2008, 15(14): 1822-1823.
- [13] 迟瑞丰, 陶泓序. 浅谈老年人家用血糖仪的创新设计研究[J]. 工业设计, 2019(10): 43-44.
- CHI Rui-feng, TAO Hong-xu. Discussions on the Innovative Design Research of Household Blood[J]. Industrial Design, 2019(10): 43-44.
- [14] 李兰, 于淑宁, 梁淑平. 如何指导糖尿病病人用试纸法做尿糖测定[J]. 中华综合医学杂志(河北), 2004(2): 51.
- LI Lan, YU Shu-ning, LIANG Shu-ping. How to Instruct Diabetic Patients to do Urine Glucose Determination with Test Paper Method[J]. Chinese Journal of General Medicine (Hebei), 2004(2): 51.
- [15] 丁立峰. 医疗电子设备设计中人机工程的运用[J]. 中国新技术新产品, 2018(20): 70-71.
- DING Li-feng. Application of Ergonomics in the Design of Medical Electronic Devices[J]. New Technologies and products in China, 2018(20): 70-71.
- [16] GB/T 16252-1996. 成年人手部号型[S].
- GB/T 16252-1996. Hand Size for Adults[S].