

正交试验判定在健身车外观设计中的应用研究

吴俭涛, 占园

(燕山大学, 秦皇岛 066004)

摘要: **目的** 研究多配件组合型产品外观设计方案快速获取及优化方法。**方法** 对所有获得的健身车图像样本进行正交试验设计, 将健身车分解为7个要素及两种水平, 采用 $L_9(2^7)$ 正交表获得8个产品图像样本并进行问卷调查, 利用极差分析得到最优化方案设计。**结论** 此方法有效地缩减了调研产品样本数量, 极大地提高了调研效率和准确率, 对产品外观设计人员快速获取最佳设计方案提供了帮助和参考。

关键词: 正交试验; 极差分析; 健身车; 创新设计

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2014)24-0054-05

Application of Orthogonal Test in the Appearance Design of Exercise Bike

WU Jian-tao, ZHAN Yuan

(Yanshan University, Qinhuangdao 066004, China)

ABSTRACT: **Objective** To explore a rapid method to generate and optimize the appearance of multi-accessories products. **Methods** First, adopt orthogonal test to divide the exercise bike images collected into seven elements and two levels. Then, set up a questionnaire survey to investigate the eight product image samples obtained through $L_9(2^7)$ orthogonal table. Finally, get optimized design through range analysis. **Conclusion** This method could reduce the number of product samples, which greatly improve the efficiency and accuracy of the questionnaire survey, also, give designers a reference to design.

KEY WORDS: orthogonal test; range analysis; exercise bike; product creative design

正交试验是一种高效率试验设计方法^[1]。它用部分试验代替全面试验, 通过试验结果分析, 了解全面试验情况, 大大减少了试验次数, 提高了工作效率。许多学者将正交试验用于材料配比和技术性能评测^[2-3], 目前用正交试验法进行产品形态分析的研究很少。

健身车作为多配件型产品, 其外观设计需考察各部件所有可能的排列组合, 才能从中获取最佳方案或设计细化方向。这在实际设计工作中将花费大量统

计时间和设计时间。目前国内对健身器材的研究大多面向不同使用对象^[4-5]和感性工学因素^[6]分析, 对其外观设计方案的快速获取及优化方法的研究很少。这里尝试对健身车产品进行正交试验设计, 快速缩减并锁定测试样本, 通过语意差分量表统计获得测试样本的试验数据, 最后利用极差分析得到最优部件组合方案, 借以指导产品外观设计的最终完成。此方法极大地节省了样本筛选时间和方案设计时间。

收稿日期: 2014-08-12

基金项目: 燕山大学青年教师自主研究计划课题(13SKA009)

作者简介: 吴俭涛(1976—), 女, 吉林吉林人, 硕士, 燕山大学副教授、硕士生导师, 主要研究方向为产品设计与设计管理。

1 正交试验前准备

为顺利进行健身车的正交试验,需要将健身车分解为不同设计要素,并明确消费者对健身车主要的视觉感性认知方向。本案例共搜集 300 余张健身车图像资料,参考健身车使用说明书,研究团队多次讨论,最终将健身车分解为 7 个设计要素:机身主体轮廓、水壶架、座椅表面、主体颜色、把手固定架、车身固定架、曲柄。每个要素又细分为两个类别:方形主体轮廓与圆弧形主体轮廓、有水壶架与无水壶架、光滑座椅与磨砂座椅、深色主体颜色与浅色主体颜色、直线车身支架与曲线车身支架、圆柱形把手固定架与长方体把手固定架和大曲柄与小曲柄。

消费者对健身车主要的视觉感性认知方向可以借由消费者看重的感性语汇来判断。锁定研究目标为青年群体,在健身房对 75 名受访者进行现场访谈,统计总结出 6 对表述次数最多的感性词汇对:宜用的—难用的、安全的一危险的、高档的一低端的、有趣的一无趣的、简洁的一复杂的、协调的一突兀的。

2 健身车正交试验设计

正交试验设计决定了实验次数和结果的可靠性。通常其设计基本程序包括试验指标确定、因素与水平选定、正交表选择、试验测试和试验结果分析。

本次正交试验的指标确定为:健身车各设计要素在每个感性词汇中的影响程度,并依据影响程度获得最优化方案。

依据试验指标对健身车样本进行正交试验设计,这是获得测试产品样本和影响程度判定的关键。首先,确定因素与水平数量。其次,将健身车的 7 个设计要素作为正交试验的 7 项因素,将每个要素具有的两种类型作为 2 个水平,最后,将各要素和水平进行数据化处理,见表 1。

正交表^[7]的选择是正交试验设计的又一关键。确定了因素及其水平后,根据因素、水平及需要考察的交互作用的多少来选择合适的正交表。正交表的选择原则是在能够安排下试验因素和交互作用的前提下,尽可能选用较小的正交表,以减少试验次数^[8]。

通过前述工作,最终确定本次正交试验为一个 7

表 1 要素与水平选定

Tab.1 Elements and levels choice

水 平	因素						
	A	B	C	D	E	F	G
	主体轮 廓	水壶架	座椅形 式	主体颜 色	车身支 架	固定 架	曲柄
1	方形	有	磨砂面	深色	直线	圆柱体	大
2	圆弧形	无	光面	浅色	曲线	长方体	小

因素(7 个设计要素)2 水平(2 个类别)的试验,使用 2 水平正交表,可采用 $L_9(2^7)$ 正交试验表。将对应的要素(因素)和类别(水平)填入得到表 2。

表 2 实验方案制定表

Tab.2 Test program scheme

试验号	因素代码						
	A	B	C	D	E	F	G
	主体轮 廓	水壶架	座椅形 式	主体颜 色	车身支 架	固定 架	曲柄
1	方形	有	光面	深色	直线	圆柱体	小
2	方形	有	光面	浅色	曲线	长方体	大
3	方形	无	磨砂	深色	直线	长方体	大
4	方形	无	磨砂	浅色	曲线	圆柱体	小
5	圆弧形	有	磨砂	深色	曲线	圆柱体	大
6	圆弧形	有	磨砂	浅色	直线	长方体	小
7	圆弧形	无	光面	深色	曲线	长方体	小
8	圆弧形	无	光面	浅色	直线	圆柱体	大

根据表 2 需要做 8 次试验,每次试验对应一个产品样本,这样得到 8 个产品样本图集,见图 1。



图 1 基于 $L_9(2^7)$ 正交表获得 8 个产品测试样本

Fig.1 8 images collected based on orthogonal table $L_9(2^7)$

3 试验测试与结果分析

将图 1 中 8 个产品样本进行表 2 中的试验测试。

3.1 建立语意差分量表

以6组感性词汇为标度,对8个实验产品样本分别建立语意差分量表^[9],通过问卷调查获得统计数据。

3.2 结果统计与分析

对90份有效问卷进行数据处理,得出每个样本相应平均分,见表3。

表3 感性词汇所得平均分数
Tab.3 Average score at perceptual words

样本	宜用的	高档的	简洁的	安全的	有趣的	协调的
1	4.58	3.86	5.20	2.43	1.36	0.26
2	1.92	3.32	3.04	3.62	1.50	3.85
3	3.60	4.30	4.16	4.72	3.32	4.92
4	-0.04	-1.08	3.88	0.72	0.66	0.92
5	2.06	1.36	2.06	1.22	2.08	4.06
6	2.20	3.04	4.29	2.11	1.64	2.75
7	3.18	3.74	1.36	4.12	3.65	2.21
8	-2.62	1.50	1.90	1.65	0.10	3.27

通过比较可以得出,在“宜用的”感性词汇约束下,得分最高的是产品样本1,其次是样本3。参看表2,产品样本1和样本3共有的设计要素就是最能传达“宜用感”的设计要素:方形轮廓、深色主体外观和直线把手支架。得分最低的产品样本8同样具有直线把手支架,因此,方形轮廓和深色主体外观是影响“宜用感”的主要形式因素。同理可得,其他感性词汇所对应的产品设计要素类别,见表4。

3.3 正交试验结果的极差分析

通过正交试验的方法得出每个设计要素取不同设计类别所引起的变化幅度(极差 R),可以得出对感性词汇影响较大的设计要素。

极差分析法是一种直观分析法^[10],简单明了,计算工作量少,便于设计人员使用,见图2。其中: R_j 为第 j 列因素的极差,反映了第 j 列因素水平波动时,试验指标的变动幅度。 R_j 越大,说明该因素对试验指标的影响越大。根据 R_j 大小,可以判断因素的主次顺序。 K_{jm} 为第 j 列因素 m 水平所对应的试验指标和, k_{jm} 为 K_{jm} 平均值。由 K_{jm} 大小可以判断第 j 列因素优水平和优组合。不同设计要素的 T 值及极差值见表5。

表4 感性词汇所对应的产品设计要素
Tab.4 Perceptual words corresponding to elements design elements

感性诉求	车身主体				水壶架		曲柄		车身支架				座椅表面	
	轮廓		颜色						把手支架		固定支架			
	方形	圆弧形	深色	浅色	有	无	大	小	曲线	直线	长方体	圆柱体	光面	磨砂面
宜用的	☆		☆							△				
高档的	△		☆							△				
简洁的					☆			△		☆				
安全的			☆			△					☆			
有趣的			☆			△					☆			
协调的			△					☆						☆

注:☆为得分最高的两个样本共同具有,而得分最低的一个样本不具有;△为得分最高的两个样本共同具有,而得分最低的一个样本也具有。

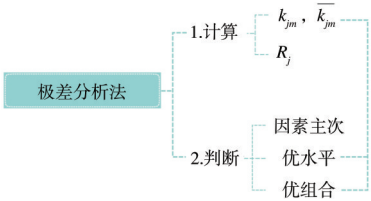


图2 极差分析法
Fig.2 Range analysis

T_1 对应设计要素下代表数值为1的类别的得分; T_2 即代表数值为2的类别的得分;极差 $R=|T_1-T_2|$ 。

依据本次正交试验的既定指标,结合表5的数据分析,可得到以下结论。(1)设计要素对产品感性词汇认知的影响程度。宜用的:最大影响因素为主体颜色、座椅表面形式、车身固定架形式。深色主体、方形轮廓、直线支架的健身车看起来“更宜用”。高档的:最大影响因素是固定架形式,其次是主体颜色。长方体固定架、深色主体、方形轮廓显得“更高档”。简洁的:最大影响因素是主体轮廓,无论方形还是圆弧形都能形成简洁感。直线型的把手支架,较小的曲柄显

表5 不同设计要素的T值及极差值
Tab.5 T and range score for all elements divided

指标		影响因素							极差R						
		A	B	C	D	E	F	G	A	B	C	D	E	F	G
		主体 轮廓	水壶 架	座椅 表面	主体 颜色	把手 支架	固定 架	曲柄 大小	主体 轮廓	水壶 架	座椅 表面	主体 颜色	把手 支架	固定 架	曲柄 大小
宜用的	T ₁	10.06	10.76	7.06	13.42	7.76	3.98	9.92	5.24	6.64	7.60	11.96	0.64	6.92	4.96
	T ₂	4.82	4.12	7.82	1.46	7.12	10.90	4.96							
高档的	T ₁	10.40	11.58	12.42	13.26	12.70	5.64	9.56	0.76	3.12	4.80	6.48	5.36	8.76	0.92
	T ₂	9.64	8.46	7.62	6.78	7.34	14.40	10.48							
简洁的	T ₁	16.28	14.59	11.50	12.78	15.55	13.04	14.73	6.67	3.29	2.89	0.33	5.21	0.19	3.57
	T ₂	9.61	11.30	14.39	13.11	10.34	12.85	11.16							
安全的	T ₁	11.49	9.38	11.82	12.49	10.91	6.02	9.38	2.39	1.83	3.05	4.39	1.23	8.55	1.83
	T ₂	9.10	11.21	8.77	8.10	9.68	14.57	11.21							
有趣的	T ₁	6.84	6.58	6.61	10.41	6.42	4.20	7.31	0.63	1.15	1.09	6.51	1.47	6.90	0.31
	T ₂	7.47	7.73	7.70	3.90	7.89	10.11	7.00							
协调的	T ₁	9.95	10.92	9.59	11.45	11.20	8.51	6.14	2.94	0.40	3.06	0.66	0.16	5.22	10.04
	T ₂	12.29	11.32	12.65	10.79	11.04	13.73	16.10							

得“更简洁”。安全的：最大影响因素是固定架的形式、主体颜色、座椅表面形式。长方体固定架、深色主体显得“更安全”。有趣的：固定架形式和主体颜色为主要影响因素。深色主体、长方体的固定架“更有趣”。协调的：主要影响因素是曲柄大小、固定架的形式。曲柄较大显得“更协调”。(2)主体轮廓、主体颜色、固定架这3项要素对健身车的整体感性认知的影响较大,其他设计要素则相对较小。

4 健身车优化方案设计

依据正交试验结果,最终得到的优化方案,见图3。方形主体轮廓、深色车体、长方体固定架、直线型把手

支架、较大曲柄。座椅分光滑和磨砂两类,水壶架分有无两种。最终的设计方案可以在优化方案基础上作进一步完善和细化。

5 结语

基于正交试验设计与极差分析判定可以初步获得优化方案,再结合健身车的功能性、技术性、人机性、用户体验要求和设计团队的美感经验,最终获得健身车外观设计。此方法可有效缩减调研产品样本数量,对产品外观设计人员快速获取最佳设计方案提供有效帮助和重要参考。本次正交试验确定的7个因素之间互不干扰,故采用等水平正交表^[11]和极差分析。对于互有影响的因素和需要估计试验误差的情况,需采用方差分析^[12],就可以处理更为复杂和多维的设计问题。

参考文献:

[1] 肖传豪.己二酸二甲酯反应-吸附耦合技术的研究[D].郑州:郑州大学,2011.
XIAO Chuan-hao.Study on the Coupling Techniques of Reaction-Adsorption for Di-methyl Adipate[D].Zhengzhou:Zheng-



图3 两款优化方案
Fig.3 Two optimization cases

- zhou University, 2011.
- [2] 韩兴刚,徐文,刘海锋.“正交试验法”在油气田开发方案优化设计中的应用[J].天然气工业,2005(4):116—118.
HAN Xing-gang, XU Wen, LIU Hai-feng. Application of Orthogonal Test in the Optimization Design of Oil and Gas Fields Development[J]. Natural Gas Industry, 2005(4): 116—118.
- [3] 包国勇,王琛正.正交试验设计在机械设计中的应用实例分析[J].金华职业技术学院学报,2005(3):22—24.
BAO Guo-yong, WANG Chen-zheng. Application Analysis of Orthogonal Experimental Design in Mechanical Design[J]. Journal of the Jinhua Professional Technology Institute, 2005(3): 22—24.
- [4] 何申杰,陈亮,蔡睿.儿童青少年健身器材研究及研发进展[J].体育与科学,2013(5):97—101.
HE Shen-jie, CHEN Liang, CAI Rui. Research and Exploitation of Children and Youngsters Fitness Equipment[J]. Sports and Science, 2013(5): 97—101.
- [5] 肖蕾.基于老年群体的健身器材交互设计研究[J].艺术设计,2008(8):120—122.
XIAO Lei. Research on the Interaction Design of Fitness Equipment for Older Age Groups[J]. Art & Design, 2008(8): 120—122.
- [6] 邢艳芳.女性健身器材体验性设计的研究[J].西安文理学院学报,2012(4):95—97.
XING Yan-fang. Research on Female Fitness Equipment Experiencing Design[J]. Journal of Xi'an University of Arts & Science, 2012(4): 95—97.
- [7] 陈远方,林曦晨,徐利华,等.常用正交表的构造原理及SAS实现[J].中国卫生统计,2012,29(4):470—474.
CHEN Yuan-fang, LIN Xi-chen, XU Li-hua, et al. Principle on Common-used Orthogonal Table and the Realization of SAS [J]. Chinese Health Statistics, 2012, 29(4): 470—474.
- [8] 占园.正交试验与AHP评价在健身车感性设计中的应用研究[D].秦皇岛:燕山大学,2013.
ZHAN Yuan. Application Research of Orthogonal Test and Evaluation of AHP in the Perceptual Design of the Cycling Equipment[D]. Qinhuangdao: Yanshan University, 2013.
- [9] 赵秋芳.感性工学及其在产品中的应用研究[D].济南:山东大学,2008.
ZHAO Qiu-fang. Research on Kansei Engineering and Its Application in Industrial Design[D]. Jinan: Shandong University, 2008.
- [10] 朱世东,魏建锋,周根数,等.基于正交试验的P110腐蚀行为的研究[J].热处理技术与装备,2010(1):4—9.
ZHU Shi-dong, WEI Jian-feng, ZHOU Gen-shu, et al. Research on the Corrosion Behavior of P110 Based on the Orthogonal Test[J]. Heat Treatment Technology and Equipment, 2010(1): 4—9.
- [11] 方健.正交试验法研究淀粉-壳聚糖可食性包装膜的力学性能[J].包装工程,2003,24(9):1—3.
FANG Jian. Study on Mechanical Properties of Starch-chitosan Edible Packaging Film[J]. Packaging Engineering, 2003, 24(9): 1—3.
- [12] 宋庭新,刘么和,朱若燕.基于动态性能测试和正交试验的缓冲包装结构优化设计[J].包装工程,2006,27(10):56—57.
SONG Ting-xin, LIU Yao-he, ZHU Ruo-yan. Structure Optimization Design of Cushion Packaging Based on Dynamic Property Test and Orthogonal Design[J]. Packaging Engineering, 2006, 27(10): 56—57.