

【选题策划：“互联网+健康”产品设计理论与实践】

## 跑步机人机界面可用性评估及再设计研究

卢纯福, 胡明艳, 唐智川, 朱宇哲  
(浙江工业大学, 杭州 310023)

**摘要:** **目的** 通过对跑步机人机界面的可用性评估, 提出再设计解决方案, 进一步提升产品用户体验。**方法** 首先, 采用主客观多维可用性评估方法, 对用户与跑步机之间的人机界面进行测量。其中, 客观可用性评估采用基于眼动跟踪技术测量的眼动指标(注视点、平均注视时间)以及行为指标(任务完成时间、任务成功率)进行分析; 主观可用性评估采用基于用户主观评价的问卷调查方法。其次, 结合主客观评价实验结果, 提出跑步机人机界面改进建议, 并对其再进行再设计。**结果** 通过实验结果分析及相应改进建议, 设计获得更优的跑步机人机界面。**结论** 构建的主客观多维可用性评估方法适用于跑步机人机界面的评价与改进, 并为人机界面设计的测量体系提供理论基础与实践方法。

**关键词:** 人机界面; 可用性评估; 眼动追踪; 主观评价; 客观评价; 再设计

**中图分类号:** TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2017)22-0001-05

### Usability Evaluation and Redesign of Treadmill Human-machine Interface

LU Chun-fu, HU Ming-yan, TANG Zhi-chuan, ZHU Yu-zhe  
(Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310023, China)

**ABSTRACT:** According to the usability evaluation of treadmill human-machine interface, we propose a redesign solution for improving user experience further. Firstly, we apply subjective and objective multidimensional usability evaluation method to test human-machine interface between user and treadmill. The eye movement index like fixation point and averaged fixation time based on eye tracking technique and behavior index like task finish time and task success rate are used for objective usability evaluation. Questionnaire survey based on user is used for subjective usability evaluation. Then, combined with the subjective and objective evaluation results, we make suggestions for improving the treadmill human-machine interface, and redesign it. Based on the result analysis and improvement suggestions, the better treadmill human-machine interface is designed. The proposed subjective and objective multidimensional usability evaluation method can be used for evaluation and improvement of treadmill human-machine interface, and can provide theoretical basis and practical method for testing system of human-machine interface design.

**KEY WORDS:** human-machine interface; usability evaluation; eye tracking; subjective evaluation; objective evaluation; redesign

随着生活水平的日益提高, 人们对健康的关注和健身的需求越来越大。作为家庭、健身房的常备健身器材, 跑步机是室内健身的首选<sup>[1-2]</sup>。使用跑步机不仅可以避免户外运动时可能出现的突发情况, 以保证用户的安全, 也可以根据用户意愿调节跑步强度, 并

及时反馈和监控身体状况<sup>[3-4]</sup>。但是, 跑步机在不断发展的同时也随之出现了许多错综复杂的功能。这些功能虽然满足了用户除了跑步外的其他需求, 但是却给操作的便捷性带来了问题<sup>[5]</sup>。为了进一步提升跑步机的用户体验, 本文采用可用性评估方法对其操作界

收稿日期: 2017-07-28

基金项目: 教育部人文社会科学研究项目(17YJC870018); 国家自然科学基金资助项目(61702454)

作者简介: 卢纯福(1970—), 男, 浙江人, 浙江工业大学教授, 主要从事人机工程、人机交互、工业设计方面的研究。

通讯作者: 唐智川(1987—), 男, 浙江人, 博士, 浙江工业大学助理研究员, 主要从事人机工程、人机交互、工业设计方面的研究。

面进行人机交互研究,旨在设计出使用便捷、自然、舒适的人机交互界面。

## 1 研究现状

### 1.1 人机界面可用性评估方法

可用性作为交互设计中的一项重要指标,被定义为用户在使用、学习、理解产品(包括任何软、硬件产品)时的难易程度。可用性评估用来测试用户在使用产品过程中的效率及满意度,衡量用户是否能较好的使用该产品的功能,即产品是否达到可用性标准<sup>[6-7]</sup>。Nielsen在《可用性工程》中提到,可用性评估通过相关测试方法,展示了该产品是如何使用的<sup>[8]</sup>。并且,可用性评估在测试产品可用性的同时,也为人机界面的改进提供建议与方案。可用性测试时需建立一个特定使用场景,代表性用户在此场景下按照要求进行典型操作,实验员进行观察和记录<sup>[9]</sup>。

除了观察记录法、问卷调查法等主观评估方法外,更为客观、精确的如眼动跟踪技术,也逐步应用于可用性评估。眼动仪用于记录人在处理视觉信息时的眼动轨迹特征,广泛地应用于心理学、注意力、认知学以及人机界面等众多领域<sup>[10]</sup>。在人机界面应用方面,眼动仪可以在用户使用界面的交互过程中,获取并记录用户的眼动信息。通过分析注视点轨迹、注视时间及注视率等客观眼动数据,不仅可以研究用户的视觉信息加工机制,探索心理活动,而且也可以客观测试人机界面的可用性<sup>[11]</sup>。

### 1.2 跑步机功能及人机界面

跑步机人机界面中的主流功能,包括跑速调节、坡度调节、时间调节、心率测量、歌曲播放、音量调节、紧急停止等。随着智能交互技术的发展,跑步机不断增加新的功能,满足用户新的需求,包括娱乐功能、视频播放、生理信息监测(心跳、卡路里消耗、体脂测量)、虚拟场景、健身计划定制等<sup>[12]</sup>。这些新功能的增加,对人机界面的可用性提出了更高的要求。

在研究跑步机功能的同时,跑步机人机界面设计也不断受到关注。林能涛等人通过调研特殊人群对跑步机的使用特性和认知习惯,结合通用设计方法,提出了人机界面的设计策略<sup>[13]</sup>;贾志涛使用人性化的设计原则,基于人机工程学,重新设计、排布功能键区域,旨在设计出高效与舒适的操作界面<sup>[14]</sup>;王晶通过简化人机界面操作程序,做到使用舒适、操作方便的设计思路,使界面的操作合乎逻辑,便于老年人的无障碍操作<sup>[15]</sup>。综上所述,已有文献通过可用性评估方法对跑步机人机界面进行设计,但多为调查问卷等主观评估方法,少有设计眼动跟踪等客观评估方法。

## 2 主客观多维可用性评估方法

本文采用主客观多维可用性评估方法对用户与跑步机之间的人机界面进行测量。其中,客观可用性评估采用基于眼动跟踪技术测量的眼动指标(注视点、平均注视时间)以及行为指标(任务完成时间、任务成功率)进行分析;主观可用性评估采用基于用户主观评价的问卷调查方法。

### 2.1 客观可用性评估方法

客观可用性评估方法采用基于眼动跟踪技术测量的眼动指标和行为指标。眼动指标包括:注视点数,即被试视线停留在某个区域的次数,用来表征被试对该区域关注的兴趣程度,该指标数值越大,表示该区域具有更大的关注程度;平均注视时间,即完成各项任务中单个注视点的平均停留时间,第*n*个任务的平均注视时间可表示为:

$$\bar{T}_n = \sum_{i=1}^j (t_i)_n / j \quad (1)$$

其中: $(t_i)_n$ 表示第*n*个任务中第*i*个注视点的停留时间,*j*为第*n*个任务中的注视点数。该指标数值越大,表示该区域越难获取信息。行为指标包括:任务完成时间,即实验中完成每个任务的时间和完成所有任务的时间;任务成功率,即成功完成任务的被试人数与总被试人数的比值。

### 2.2 主观可用性评估方法

被试眼动实验完成后,进行主观问卷调查,内容包括:(1)人机界面中各项功能元素是否表示清晰;(2)完成任务时是否便捷;(3)人机界面美观程度;(4)使用过程整体满意度。问卷采用5级量表,即1表示非常不满意,2表示不满意,3表示一般,4表示满意,5表示非常满意。随后,实验员对被试进行用户访谈,明确实验中遇到的操作问题,为跑步机人机界面设计提供建议。

## 3 跑步机人机界面可用性评估实验

### 3.1 被试

共13名视力正常(裸眼或矫正视力达到1.0以上,无高度近视)的被试参加实验,其中7名男性,6名女性,年龄范围为26~31岁。所有被试均有跑步机健身经验。实验前每位被试都阅读并签署知情同意书,并告知相关实验流程和注意点。

### 3.2 数据采集

#### 3.2.1 评估样本

共挑选出现在市场上主流的3款跑步机的人机

界面作为本文实验的评估样本，见图 1，均由显示屏和按键区两大功能区组成。显示屏主要显示速度、时间、心率等运动信息以及视频内容；按键区主要有速度调节、声音调节、停止、开始、紧急停止等功能键。



图 1 评估样本人机界面  
Fig.1 The human-machine interfaces of samples

### 3.2.2 眼动数据采集

实验采用的眼动仪为 SMI iView X™ HED 型移动式眼动跟踪系统，在被试移动或固定条件下测查凝视位置和瞳孔大小，采样率 60 Hz。该眼动仪佩戴着活动不受任何限制，适合跑步机运动实验。

被试在实验中的数据采集见图 2。实验前，被试头戴眼动仪，视距为 75 cm 左右（眼睛和操作界面之间的距离），自然站立在跑步机上。实验开始后，被试按照实验任务依次进行操作，同时记录眼动数据。实验任务共有 6 项，见表 1。



图 2 实验数据采集  
Fig.2 Experimental data acquisition

表 1 实验任务描述  
Tab.1 Experimental task description

任务编号	任务描述	按键操作
任务1	开始跑步	按“开始”键
任务2	加速度至8档	按“速度加”键
任务3	减速度至4档	按“速度减”键
任务4	音量加2	按“音量加”键
任务5	音量减2	按“音量减”键
任务6	停止跑步	按“停止”键

### 3.3 实验流程

实验流程见图 3，包括：（1）被试自然、舒适地站立在跑步机上，佩戴好眼动仪后进行设备校准，并调整视距；（2）帮助被试熟悉 3 款跑步机功能及操作界面；（3）观察眼动数据无误后，开始记录眼动数据，分别在 3 款跑步机上按顺序进行操作任务；（4）眼动实验结束后，进行主观可用性评估，包括被试问卷调查和实验员用户访谈；（5）结合主客观评价实验结果，提出跑步机人机界面改进建议；（6）对人机界面进行再设计。

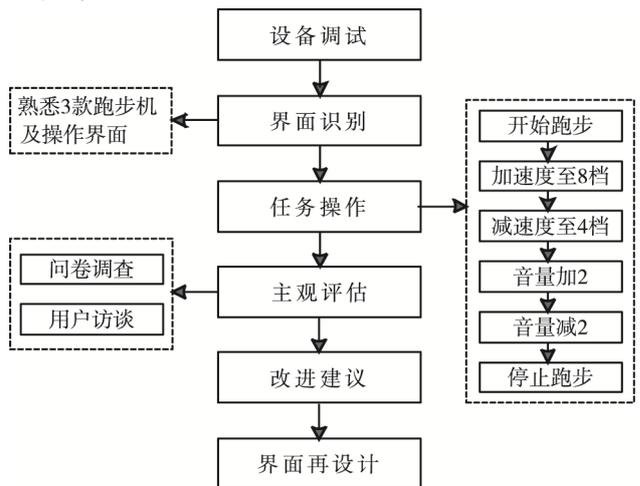


图 3 实验流程  
Fig.3 Experimental procedure

## 4 实验结果与分析

### 4.1 客观可用性评估结果及分析

#### 4.1.1 眼动指标分析

所有被试完成实验任务中视觉停留在显示屏和按键区的平均注视点数，见表 2。结果显示，界面 1 和界面 2 的 3 项数据较接近，均高于界面 3，表明界面 1 和界面 2 受到的关注程度更高。界面 2 具有最高注视点数。虽然实验中 6 项任务的操作均位于按键区，但是界面 1 和界面 2 中显示屏的注视点数仍占总注视点数的 50%左右，表明被试对显示屏区域具有更高的关注程度。所有被试完成各项实验任务的平均注视时间见表 3。结果显示，界面 1 和界面 2 的各项任务数据较接近，均高于界面 3，表明界面 1 和界面 2

表 2 所有被试在显示屏和按键区的平均注视点数  
Tab.2 Averaged fixation points of screen and button area across all subjects

	/个		
	显示屏	按键区	总注视点数
界面1	13.47	14.32	27.79
界面2	12.92	15.91	28.83
界面3	7.30	12.03	19.33

的操作更为便捷。界面2在完成实验任务时具有最少的平均注视时间,并且在3个界面中,任务2~5的平均注视时间均高于任务1和任务6,表明调节跑速和音量操作的界面信息获取难于开始和停止操作。

表3 所有被试完成各项实验任务的平均注视时间  
Tab.3 Averaged fixation time of each experimental task across all subjects

	/ms						
	任务1	任务2	任务3	任务4	任务5	任务6	平均
界面1	133.32	166.91	174.93	185.83	144.61	143.83	158.24
界面2	130.04	167.38	153.02	144.29	133.74	121.67	141.69
界面3	198.34	245.24	249.31	263.62	253.02	205.61	235.86

#### 4.1.2 行为指标分析

所有被试完成各项实验任务的平均任务完成时间和任务成功率,见表4—5。结果显示,界面1和界面2的各项任务的完成时间和成功率较接近,均高于界面3,表明界面1和界面2的操作时间更短、成功率更高。界面2在完成实验任务时具有最少的平均任务完成时间和最高的任务成功率。并且在3个界面中,任务2~5的平均任务完成时间均高于任务1和任务6,表明调节跑速和音量的操作耗时大于开始和停止操作的耗时;且任务2~5的任务成功率均低于任务1和任务6,表明调节跑速和音量的成功率低于开始和停止的成功率。

表4 所有被试完成各项实验任务的平均任务完成时间  
Tab.4 Averaged task finish time of each experimental task across all subjects

	/ms						
	任务1	任务2	任务3	任务4	任务5	任务6	总耗时
界面1	889.72	992.44	1124.72	1363.31	968.34	749.72	6088.25
界面2	774.22	980.27	969.32	1130.35	1093.72	690.93	5638.81
界面3	1023.35	1432.12	1225.27	1328.77	1391.81	1128.97	530.22

表5 所有被试完成各项实验任务的任务成功率  
Tab.5 Task success rate of each experimental task across all subjects

	/%						
	任务1	任务2	任务3	任务4	任务5	任务6	平均
界面1	100	92.31	84.62	100	100	100	96.16
界面2	100	100	100	92.31	100	100	98.72
界面3	100	76.92	84.62	84.62	92.31	100	89.75

#### 4.2 主观可用性评估结果及分析

眼动实验结束后,对被试进行主观可用性评估。首先通过问卷调查方法对功能元素清晰程度、完成任

务便捷程度、人机界面美观程度、整体满意度4项问题进行量表调查,所有被试的平均结果见图4。其中,在元素清晰程度、完成任务便捷程度和整体满意度3项问题中,界面2的分值均最高(分别为4.25,4.18,4.21),与客观可用性评估结果相符;在人机界面美观程度问题中,界面1的分值最高(4.33)。

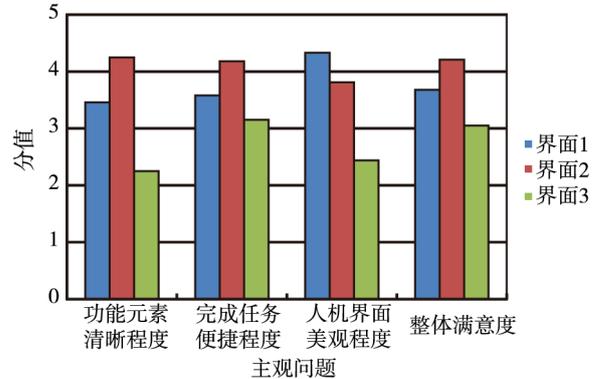


图4 问卷调查结果

Fig.4 Questionnaire survey results

问卷调查后,实验员对被试进行用户访谈,明确实验中遇到的操作问题。经整理,反馈的主要问题如下:(1)调节跑速和音量的按键内容太相似,容易按错;(2)跑速和音量大小虽然会显示在显示屏中,但显示屏和按键区相隔一定距离,看起来不方便;(3)除运动信息外,显示屏缺少生理信息的显示;(4)界面排布不够合理,未分功能区域。

## 5 跑步机人机界面再设计

基于主客观多维可用性评估结果,提出跑步机人机界面改进建议如下:(1)显示屏和按键区合二为一,由于显示屏的关注程度较高,按键区往往会排除于视觉中心之外,将两者放于同一区域,便于按键操作;(2)跑速和音量功能合理设计,两者的操作容易混淆,通过文字、色彩、图案进行区分;(3)跑速及音量可视化显示,在两者的按键区增加跑速条和音量条,实时显示跑速和音量,无需在显示屏中查看;(4)增加生理信息显示,在显示屏中除运动信息外,再增加心率、卡路里消耗、体脂测量等生理信息,并在播放视频等娱乐功能时也能实时显示;(5)优化界面布局,按照视觉习惯及功能的重要程度设计界面。根据以上建议,对跑步机人机界面进行再设计,见图5。

## 6 结语

随着跑步机需求的不断增加,如何设计出操作便捷与自然的人机界面已经成为研究热点。本文采用主客观多维可用性评估方法对用户与跑步机之间的人机界面进行测量,并结合主客观评价实验结果提出跑



图 5 跑步机人机界面进行再设计

Fig.5 Redesign of treadmill human-machine interface

步机人机界面改进建议,能够设计出更优的跑步机人机界面。构建的主客观多维可用性评估方法,不仅适用于跑步机人机界面的评价与改进,而且也适用于其他健身器材操作界面的通用设计,并为人机交互界面设计的测量体系提供了理论基础与实践方法。

#### 参考文献:

- [1] 主云龙, 曹祥哲. 创造力培养模式下的概念跑步机设计[J]. 包装工程, 2015, 36(16): 57—60.  
ZHU Yun-long, CAO Xiang-zhe. Concept Treadmill Design in the Mode of Creativity Cultivation[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(16): 57—60.
- [2] ALDERMAN B L, OLSON R L, MATTINA D M. Cognitive Function during Low-Intensity Walking: a Test of the Treadmill Workstation[J]. Journal of Physical Activity and Health, 2014, 11(4): 752—758.
- [3] 朱梁. 健康监测跑步机的研发[D]. 杭州: 浙江理工大学, 2013.  
ZHU Liang. The Research and Development of Health-monitoring Treadmill[D]. Hangzhou: Zhejiang Sci-Tech University, 2013.
- [4] KJELDSKOV J, STAGE J. New Techniques for Usability Evaluation of Mobile Systems[J]. International Journal of Human-Computer Studies, 2004, 60(5): 599—620.
- [5] BARNARD L, YI J S, JACKO J A, et al. An Empirical Comparison of Use-In-Motion Evaluation Scenarios for Mobile Computing Devices[J]. International Journal of Human-Computer Studies, 2005, 62(4): 487—520.
- [6] OU T Y, PERNG C, HSU S P, et al. The Usability Evaluation of Website Interface for Mobile Commerce Website[J]. International Journal of Networking and Virtual Organisations, 2015, 15(2—3): 152—167.
- [7] IVORY M Y, HEARST M A. The State of the Art in Automating Usability Evaluation of User Interfaces [J]. ACM Computing Surveys (CSUR), 2001, 33(4): 470—516.
- [8] NIELSEN J. Usability Engineering[M]. Pittsburgh: Academic Press Inc, 1994.
- [9] 常方圆. 基于眼动仪的智能手机 APP 图形用户界面设计可用性评估[J]. 包装工程, 2015, 36(8): 55—58.  
CHANG Fang-yuan. Usability Evaluation of Smart Phone Application Graphic User Interface Based on Eye-tracker[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(8): 55—58.
- [10] JACOB R J, KARN K S. Eye Tracking in Human-Computer Interaction and Usability Research: Ready to Deliver the Promises[J]. Mind, 2003, 2(3): 4.
- [11] 汪颖, 吕富强. 基于眼动数据的 ATM 机界面可用性测试[J]. 人类工效学, 2017, 23(1): 48—54.  
WANG Ying, LYU Fu-qiang. Usability Testing of ATM Machines Interface Based on Eye Tracking Data[J]. Chinese Journal of Ergonomics, 2017, 23(1): 48—54.
- [12] 朱宇哲. 跑步机人机交互界面研究[D]. 杭州: 浙江工业大学, 2015.  
ZHU Yu-zhe. Study on the Human-Machine Interaction Interface of the Treadmill[D]. Hangzhou: Zhejiang University of Technology, 2015.
- [13] 林能涛, 苏智剑, 乔帅, 等. 健身器材控制界面的通用化设计[J]. 中国组织工程研究, 2014, 18(42): 6795—6799.  
LIN Neng-tao, SU Zhi-jian, QIAO Shuai, et al. Generalized Design of Fitness Equipment Control Interface [J]. Chinese Journal of Tissue Engineering Research, 2014, 18(42): 6795—6799.
- [14] 贾志涛. 基于人性化的跑步机设计研究[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2010.  
JIA Zhi-tao. Research on Treadmill Design Based on Being Human[D]. Wuhan: Wuhan University of Technology, 2010.
- [15] 王晶. 中老年人家用健身产品界面研究与设计[D]. 武汉: 湖北工业大学, 2007.  
WANG Jing. Research on Middle-aged and Elderly Hone Fitness Apparatus Interface Design[D]. Wuhan: Hubei University of Technology, 2007.