

指夹式血氧仪的可用性评价研究

姚君, 李亚捷, 唐晓腾, 胡鹤凡
(中国矿业大学, 徐州 221116)

摘要: **目的** 基于可拓学优度评价法, 对指夹式血氧仪产品进行可用性评价并优化。**方法** 采用文献研究法、用户访谈法、观察法和焦点小组方法选取产品可用性评价指标, 从感知、外观和操作三个方面建立可用性评价指标体系。通过层次分析法计算得到评价指标的权系数, 建立产品可用性的优度评价模型。对指夹式血氧仪进行初次评价, 针对权系数高, 优度低的可用性指标进行优化设计并验证。**结论** 通过指夹式血氧仪的设计实践, 从现有产品的造型和界面入手, 有效地提高了产品的舒适度并且缓解了新用户的使用压力。本方法能对指夹式血氧仪进行有效评价, 发现其中存在的问题并加以改进。评价结果不但可以得出单项指标对产品可用性的影响, 还可以全面展现产品的整体优度, 进而可以进行有针对性的优化设计。

关键词: 可拓学; 优度评价法; 血氧仪; 可用性; 产品设计

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2020)10-0095-06

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2020.10.015

Usability Evaluation of Finger Clip Oximeter

YAO Jun, LI Ya-jie, TANG Xiao-teng, HU He-fan
(China University of Mining and Technology, Xuzhou 221116, China)

ABSTRACT: The work aims to evaluate the usability of and optimize the finger clip oximeter products based on the goodness evaluation method of extenics. Product usability evaluation indexes were collected by means of literature research, user interview, observation and focus group. A usability evaluation index system was established from the perspective of perception, appearance and operation. The weight coefficient of the evaluation index was obtained by the AHP method, and the goodness evaluation model of product availability was established. The initial evaluation of the finger clip oximeter was carried out, and the usability index with high weight coefficient and low goodness was optimized and verified. The work carries out the design practice of finger clip oximeter, effectively improving the comfort of the product and alleviating the pressure on new users starting from the shape and interface of existing products. The proposed method can effectively evaluate the finger clip oximeter, and find problems and improve them. The evaluation results not only reflect the impact of individual index on the product, but also fully reflect the overall goodness of the product and thus conduct targeted optimization design.

KEY WORDS: extenics; goodness evaluation method; oximeter; availability; product design

指夹式血氧仪是检测指数有脉率、血氧饱和度(SpO₂)和灌注指数(PI)的仪器,属于医疗健康设备,因此产品设计时不仅要满足产品基本功能的有效性,而且还需要考虑用户使用产品的效率和用户的满意度。因此笔者在提高产品可用性的同时,从医学视角出发,基于可拓学优度评价法对指甲式血氧仪

进行可用性评价并设计优化。

1 研究背景

1.1 指夹式血氧仪产品现状

使用指夹式血氧仪的人群没有特定的限制,任何

收稿日期: 2020-04-06

作者简介: 姚君(1979—),男,江苏人,博士,中国矿业大学教授,主要从事工业设计及理论方面的研究。

通信作者: 李亚捷(1994—),男,河北人,中国矿业大学硕士生,主攻工业设计及理论。

一个用户通过指夹式血氧仪产品,都可以测得自己的血氧饱和度、脉率等参数。传统的家用医疗健康设备大多小巧、易操作,适合家中使用和携带^[1]。产品设计更多关注的是造型的美观性、结构的可行性等,但是考虑到用户的使用场景、使用频率及身心疲惫程度各有差异,产品的可用性仍有很多可以提高的地方。例如,很多医疗健康设备采用了保守的单一颜色或者中性的色彩,缺少颜色的丰富性和活力,容易带给用户孤独、抑郁、压抑的心理暗示;此外产品界面上的操作控件识别性较弱,反馈不明确等问题都会给用户带来使用困惑^[2]。

1.2 可用性评价研究

根据 ISO 9241-11 的国际标准,可用性是指产品在特定环境下为特定用户用于特定用途时所具有的效率、有效性和用户主观满意度^[3]。ISO 9241-210 将用户使用产品或系统之前、之中和之后的全部感受作为一个重要因素^[4]。产品交互方式的设计,颜色的选取,材质的选择等^[5]都会影响产品的可用性。

近些年,国内外的学者开始对可用性评价有所研究,苏建宁^[6]等学者基于朴素贝叶斯法,提出了一种可以评价产品造型的可用性方法;Jiyoung Kwahk^[7]等提出了针对人机交互界面的可用性评价新方法;黄河和杨超翔^[8-9]等学者运用感性工学理论建立了一种感性的评价体系,再对产品进行可用性评估;SONDEREGGER 等^[10]通过获取用户主观的感受、评价和体验,建构产品可用性评价模型。

2 研究方法

优度评价方法是可拓学中评价一个对象,包括事物、策略、方法等优劣的方法。优度评价法通过建立关联函数来计算各评价指标符合要求的程度,由于关联函数的值可正可负,所以构建的优度可以反映一个对象利弊的程度,使得评价更符合实际^[11]。

本文通过访谈法、文献法、观察法和焦点小组法选取出评价指标;运用层次分析法确定指标的权系数,并以权系数衡量每个指标的重要性程度;建立关联函数,逐级计算产品可用性优度;针对高权重、低优度的评价指标进行针对性的设计优化并验证。运用可拓学优度评价法进行可用性评价的流程见图 1^[12]。

3 实例研究

3.1 建立可用性评价指标体系

要评价一个对象的优劣,首先必须规定衡量指标。要根据实际问题的需要,确定衡量条件集 $M = \{M_1, M_2, \dots, M_n\}$ 。其中: $M_i = (C_i, V_i)$ 为特征元; V_i 为关于特征 C_i 的数量化了的量值域 ($i = 1, 2, \dots, n$)。

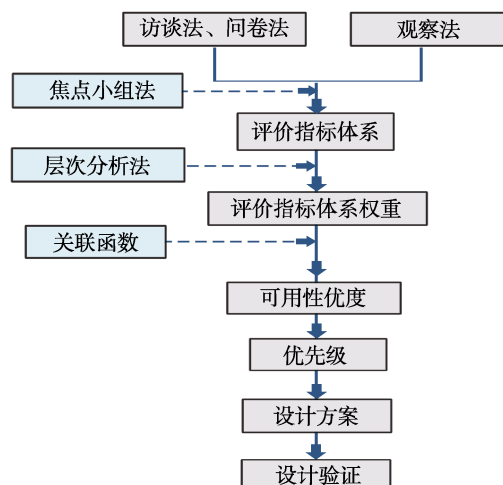


图1 可拓学优度评价法流程

Fig.1 Flow chart of goodness evaluation method of extenics

在 ISO 9241-11 国际标准的基础上,通过文献法、观察法和访谈法建立了以符合“有效性、效率和用户主观满意度”为要求的三个评价标准,建立一级评价指标:

$$M = \{M_1, M_2, M_3\} =$$

{外观可用性, 操作可用性, 感知可用性}

其中外观可用性是指用户通过视觉与产品的纹理、造型、色彩等元素所产生的交互感受;感知可用性是指融合视觉、听觉、触觉等多感官的交互途径,及在任务执行阶段用户能感知的可用性主观印象和感受;而操作可用性则是指用户在使用产品时,产品的效率、性能、信息反馈和给用户带来的使用感受^[13]。因此产品设计应符合人的认知特性,从造型、色彩、材质、声音、反馈、限制等多方面提供引导,使用户能满意地、高效率地完成任务。

把外观可用性、感知可用性和操作可用性作为产品评价的一级指标,满足了用户使用产品的认知流程。用户使用产品,通常最先与产品产生交互的是视觉,因此视觉占有主导地位。具有良好外观可用性的产品会促使用户更积极地思考,也更容易解决使用产品时产生的问题^[14],进而更易与产品进行深层的交互,提高产品的感知可用性。在此情况下,用户操作产品的效率会提升,出错次数会降低,产品使用更加流畅,提高产品的操作可用性^[15]。

通过整理国内外相关文献研究、访谈和非参与式观察法,对用户生理和心理的特点进行了研究,初次得到了四十项评价指标,其中观察和访谈的对象有医护人员和测试用户。此时采集的信息是杂乱的、模糊的,要对相关的评价指标进行分类、精简。对初次采集的信息使用焦点小组法(三名工业设计师、七名有过血氧仪使用经验的用户以及一位会议主持人)进行层次化分析。简洁性,清晰性,操作性等十二个评价指标构成了二级可用性指标;简洁的、规模的、直观的等二十五个评价指标构成了基础的三级指标,见

图 2。

3.2 基于 AHP 法确定权系数

本文邀请了四十名中老年人作为测试用户，其中男性二十名，女性二十名，平均年龄为 58.7 岁，年龄标准差 0.91。选择该群体作为被试的原因主要有两个：一是该群体相对于其他用户群体更加注重健康监测，同时对各种家用的健康检测仪器使用频率较高，可以完成本实验规定的各项任务；二是相对于年轻群体，老年用户的感知能力较弱，对外观可用性和感知可用性的敏感度较低，测试结果具有更好的通用性。

实验选取了几款用于测试的指夹式血氧仪产品，见图 3。测试时让用户先对外观可用性进行测评；继而让用户使用产品进行测试，并填写血氧饱和度和脉率。在实验过程中，通过量表的度量方式直观或间接地记录被试操作指夹式血氧仪的操作情况，由焦点小组结合用户的使用感受进行操作性和可用性评价，最后再让用户评价产品的感知可用性。根据 AHP 法计算指标权重值具体步骤如下。

- 1) 用户测试问卷的重要性质量表尺度分为一般强、略强、颇强、很强、极其强，其对应数值评估的 1, 3, 5, 7, 9, 而 2, 4, 6, 8 则为相邻尺度的中间值, 数值的倒数表示后项较前项重要。
- 2) 根据评价指标之间的相对重要程度结果，建立配对比较矩阵 $B=(b_{ij})_{n \times n}$ ，其中 b_{ij} 为表示可用性指标 i 相对于可用性指标 j 的重要程度， n 为评价指标的数目，比较值 b_{ij} 在原则上应该取 1 到 9 之内的

整数或倒数，即 $b_{ij}=1$ ，且 $b_{ij}=1/b_{ji}$ ， $b_{ij}>0$ 。
通过比较和分析，总体可用性 M 的判断矩阵为：

$$M = \begin{bmatrix} 1 & \frac{1}{6} & \frac{1}{3} \\ 6 & 1 & 5 \\ 3 & \frac{1}{5} & 1 \end{bmatrix}$$

(1)

1 级可用性指标中，外观可用性 M_1 、操作可用性 M_2 、感知可用性 M_3 的判断矩阵为：

$$M_1 = \begin{bmatrix} 1 & \frac{1}{3} & \frac{1}{2} \\ 3 & 1 & 3 \\ 2 & 1/3 & 1 \end{bmatrix}$$

(2)

$$M_2 = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 4 & \frac{1}{4} & 2 \\ 1/2 & 1 & 3 & 4 & 1 \\ \frac{1}{4} & 1/3 & 1 & 2 & \frac{1}{3} \\ 4 & 1/4 & 1/2 & 1 & \frac{1}{3} \\ 1/2 & 1 & 3 & 3 & 1 \end{bmatrix}$$

(3)

$$M_3 = \begin{bmatrix} 1 & \frac{1}{2} & 3 & 3 \\ 2 & 1 & 2 & 4 \\ 1/3 & 1/2 & 1 & 1/2 \\ 1/3 & 1/4 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

(4)

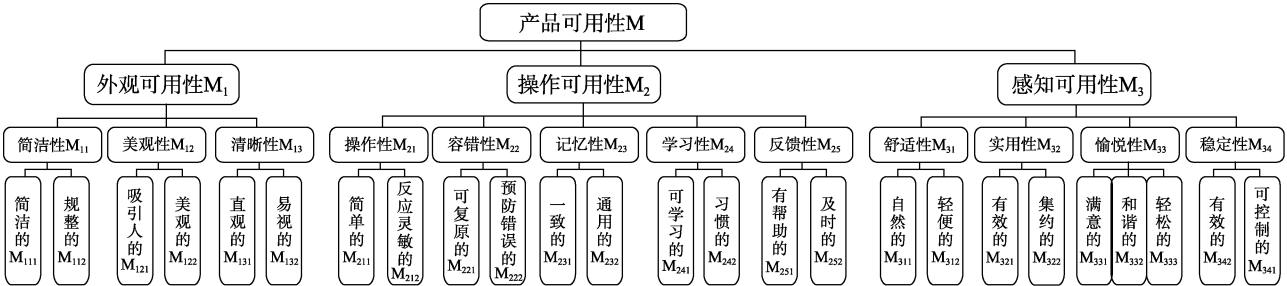


图 2 指夹式血氧仪可用性评价指标体系
Fig.2 Usability evaluation index system of finger clip oximeter



图 3 测试产品
Fig.3 Tested product

2 级可用性指标中愉悦性 M_{33} 的判断矩阵为:

$$M_{33} = \begin{bmatrix} 1 & \frac{1}{4} & \frac{1}{5} \\ 4 & 1 & \frac{1}{3} \\ 5 & 3 & 1 \end{bmatrix}$$

(5)

其余 2、3 级可用性指标的判断矩阵略。

3) 计算相对权重值,求得权重向量 $K = (k_i)1 \cdot n$ 利用行向量平均值标准化法,以计算每一个指标的权重。

$$k_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \frac{b_{ij}}{\sum_{i=1}^n b_{ij}} \quad (i, j = 1, 2, 3, \dots, n)$$

(6)

4) 通过一致性检验的权重进行平均值处理。确定指标的评比是否相互冲突、前后矛盾,一般通过一致性指标 ($C.I \leq 0.1$) 与一致比率 ($C.R \leq 0.1$) 加以检定。血氧仪可用性评价指标权系数见表 1。

3.3 血氧仪的可用性优度评价

确定各衡量指标的权系数后,对指夹式血氧仪进行可用性优度评价,需要对最低级的衡量指标建立关联函数,确立关联度,再逐级计算上一级的优度,直至计算到产品的综合优度。

根据血氧仪可用性指标体系与模型构建可用性评级问卷,选取样本的地点为徐州市第一人民医院,邀请三十名用户(男性十五名,女性十五名,平均年龄为 61.3 岁)操作使用永康 YK-81 指夹式血氧仪,并根据离散型关联函数计算法则,填写问卷。

文中评价采用离散型关联函数 h :

$$h = \begin{cases} 3, (\text{极满意}) \\ 2, (\text{较满意}) \\ 1, (\text{满意}) \\ 0, (\text{一般}) \\ -1, (\text{不满意}) \\ -2, (\text{较不满意}) \\ -3, (\text{极不满意}) \end{cases}$$

(7)

表 1 权重分布详细数据
Tab.1 Weight distribution details

一级指标	权重值	二级指标	权重值	三级指标	权重值
外观 可用性 M_1	0.0915	简洁性 M_{11}	0.0146	简洁的 M_{111}	0.0092
				规整的 M_{112}	0.0054
		美观性 M_{12}	0.0539	吸引人的 M_{121}	0.0371
				好看的 M_{122}	0.0168
操作 可用性 M_2	0.7071	清晰性 M_{13}	0.0231	直观的 M_{131}	0.0092
				易视的 M_{132}	0.0139
		操作性 M_{21}	0.2685	简单的 M_{211}	0.1394
				反应灵敏的 M_{212}	0.1291
		容错性 M_{22}	0.1667	可复原的 M_{221}	0.0588
				预防错误的 M_{222}	0.1079
		记忆性 M_{23}	0.0482	一致的 M_{231}	0.0221
				通用的 M_{232}	0.0261
产品总 可用性 MI	0.3709	学习性 M_{24}	0.0670	可学习的 M_{241}	0.0285
				习惯的 M_{242}	0.0385
		反馈性 M_{25}	0.1566	有帮助的 M_{251}	0.0669
				及时的 M_{252}	0.0897
		舒适性 M_{31}	0.0616	自然的 M_{311}	0.0165
				轻便的 M_{312}	0.0451
		实用性 M_{32}	0.0861	有效的 M_{321}	0.0317
				集约的 M_{322}	0.0544
感知 可用性 M_3	0.3709	愉悦性 M_{33}	0.0250	满意的 M_{331}	0.0113
				和谐的 M_{332}	0.0045
				满足的 M_{333}	0.0092
		稳定性 M_{34}	0.0287	有效的 M_{341}	0.0151
				可控制的 M_{242}	0.0136

表 2 第 2 级指标优度值
Tab.2 Level 2 index goodness value

2 级指标	2 级指标优度	2 级指标	2 级指标优度
简洁性	0.0184	学习性	0.0670
美观性	0.0539	反馈性	-0.0069
清晰性	0.0092	舒适性	0.1353
操作性	0.0721	实用性	0.0402
容错性	0.0278	愉悦性	0.0295
记忆性	0.0261	稳定性	0.0574

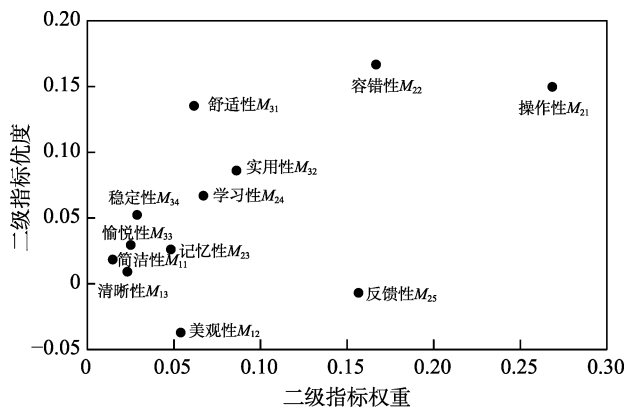


图 4 四分图模型分析
Fig.4 Quadrant model analysis

让用户根据测试感受对第三级的衡量指标进行评分，评分的数值即为规范化关联度，记作 h_{ijt} 。根据关联度计算结果，用公式(8)对各指标的规范关联度进行加权，得到二级指标的优度。计算结果见表 2。

$$V_{ij} = \sum_{i=1}^n k_{ijt} h_{ijt} \quad (8)$$

$$V_i = \sum_{i=1}^n k_{ij} v_{ij} \quad (9)$$

式中： V_{ij} 为 2 级指标的可用性优度； K_{ijt} 为 3 级指标权重； H_{ijt} 为 3 级指标关联度； V_i 为 1 级指标的可用性优度； K_{ij} 为 2 级指标权重。

用公式(9)可得：外观可用性指标优度 $V_1 = 0.0034$ ，操作可用性指标优度 $V_2 = 0.0988$ ，感知可用性指标优度 $V_3 = 0.0845$ ，对一级指标优度进行加权求和，可得该用户对于血氧仪的综合优度 V_{pi} ：

$$V_{pi} = \sum_{i=1}^n K_i V_i = 0.1015 \quad (10)$$

经过多样本量化可得到全体用户的综合可用性优度 $V_G = 0.1015$ ，产品可用性处于一般水平。

3.4 确定设计要求

建立四分图模型（见图 4），以二级指标的权重为横轴、以二级指标的优度为纵轴建立坐标系，得到用户对于血氧仪的优度与其可用性之间的关系。其中低优度、高权重的指标需重点改进。评价指标 M_{25}



图 5 设计实践样本
Fig.5 Design practice sample

表 3 可用性指标优度
Tab.3 Usability index goodness

	血氧仪 YK-81	设计实践样本
外观可用性优度	0.0034	0.0352
操作可用性优度	0.0988	0.2573
感知可用性优度	0.0845	0.1264
综合优度	0.1015	0.2320

较为重要，但是优度值比较低，因此在优化产品设计时，要着重优化产品的反馈性。主要设计目标包括：增加语音图形多通道反馈；提高产品的容错性；优化产品显示界面等。

3.5 指夹式血氧仪优化设计与验证分析

优化后的血氧仪见图 5，屏幕采用中文彩色大屏，便于用户读取数据；整体采用圆角设计，提升了产品的触感；通过听觉与视觉多通道反馈产品信息提高产品的反馈性。根据指夹式血氧仪可用性指标体系与模型构建可用性评级问卷，分发给二十位用户进行测试，并进行血氧仪概念设计的可用性优度评价，计算结果见表 3。可以发现，优化后的设计实践样本优于测试样本，其中操作可用性有显著提高，因此基于优度评价法建立的产品可用性评价模型具有一定的可靠性。

4 结语

文中将 AHP 法和可拓学优度评价法结合，在产品评价中不但保证了指标选择的可信度，并使量化的评价结果更具有直观性和可比性，有效减小了产品设计评价中的不确定性和主观性。评价结果不但可以反映某一项评价指标对产品的影响，还可以更全面地反映产品的整体优度，并进行有针对性的优化设计，可以有效应用于产品的可用性评价中。

参考文献：

[1] 姚君，唐晓腾，李亚捷，等. 基于 QFD 的尘肺病家用

- 康复产品系统设计[J]. 包装工程, 2019, 40(6): 152-158.
- YAO Jun, TANG Xiao-teng, LI Ya-jie, et al. Systematic Design of Home Rehabilitation Products for Pneumococcosis Based on QFD[J]. Packaging Engineering, 2019, 40(6): 152-158.
- [2] 江晓芳. 基于情感体验的老人家用医疗药箱设计研究[D]. 长春: 长春工业大学, 2018.
- JIANG Xiao-fang. Senior Citizen Household Medical Kit Design Based on Emotional Experience[D]. Changchun: Changchun Industrial College, 2018.
- [3] NIELSEN J. Usability Engineering[M]. San Francisco: Morgan Kaufmann, 1993.
- [4] HERTZUMM, CLEMMENSEN T. How do Usability Professionals Construe Usability[J]. International Journal of Human-Computer Studies, 2012, 70(1): 26-42.
- [5] 施王辉, 辛向阳. 公共终端界面的可用性研究[J]. 包装工程, 2016, 37(6): 62-66.
- SHI Wang-hui, XIN Xiang-yang. Usability of Public Terminal Interface[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(6): 62-66.
- [6] 苏建宁, 刘婷婷, 王鹏. 基于朴素贝叶斯法的产品造型设计可用性评价研究[J]. 机械设计, 2016, 33(2): 105-108.
- SU Jian-ning, LIU Ting-ting, WANG Peng. Usability Evaluation of Product Form Design Based on Naïve Bayes Method[J]. Journal of Machine Design, 2016, 33(2): 105-108.
- [7] JIYOUNG K, SUNG H H. A Methodology for Evaluating the Usability of Audiovisual Consumer Electronic Products[J]. Applied Ergonomics, 2002, 33(5): 419-431.
- [8] 黄河, 杨明刚. 基于感性工学的老年人智能产品可用性研究[J]. 机械设计, 2016, 33(4): 109-112.
- HUANG He, YANG Ming-gang. Usability of Intelligent Products for the Elderly Based on Kansei Engineering[J]. Journal of Machine Design, 2016, 33(4): 109-112.
- [9] 杨超翔, 叶俊男, 程建新, 等. 面向用户需求的儿童玩具可用性研究[J]. 包装工程, 2018, 39(18): 181-185.
- YANG Chao-xiang, YE Jun-nan, CHENG Jian-xin, et al. User-oriented Children Toys Design Usability[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(18): 181-185.
- [10] SONDEREGGER A, SAUER J. The Influence of Design Aesthetics in Usability Testing: Effects on User Performance and Perceived Usability[J]. Applied Ergonomics, 2010, 41(3): 403-410.
- [11] 杨春燕, 蔡文. 可拓学[M]. 北京: 科学出版社, 2014.
- YANG Chun-yan, CAI Wen. Extendology[M]. Beijing: Science Press, 2014.
- [12] 胡飞, 周坤, 麦永治. 面向产品服务系统的用户体验可拓评价方法研究[J]. 机械设计, 2018, 35(2): 109-114.
- HU Fei, ZHOU Kun, MAI Yong-zhi. Evaluation Method of User Experience for PSS Based on Extensionality[J]. Journal of Machine Design, 2018, 35(2): 109-114.
- [13] 侍伟伟, 李永锋. 基于层次分析法的老年人 APP 设计研究[J]. 包装工程, 2017, 38(8): 126-131.
- SHI Wei-wei, LI Yong-feng. APP Design for the Elderly Based on AHP[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(8): 126-131.
- [14] NORMAN D A. Emotional Design: Why We Love (or Hate) Everyday Things[M]. New York: Basic Books, 2004.
- [15] 李永锋, 朱丽萍. 基于模糊层次分析法的产品可用性评价方法[J]. 机械工程学报, 2012, 48(14): 183-191.
- LI Yong-feng, ZHU Li-ping. Product Usability Evaluation Method Based on Fuzzy Analytic Hierarchy Process[J]. Journal of Mechanical Engineering, 2012, 48(14): 183-191.