

Consideration of Human Factors in A Design of Fire-rescue Window

Haibin Du¹, Fang Bin Guo², Yan Zhao³

(1. Luxun academy of fine arts, school of industrial design, Shen yang, 110004; 2. Liverpool John Moores University, Faculty of Engineering and Technology, Liverpool, L3 3AF; 3. Luxun academy of fine arts, school of industrial design, Shen yang, 110004)

Abstract: Fire-rescue window is a NPD (new product development) project that aims to increase the successful rate of fire rescue. The concept attempts being used in residential buildings and public constructions. The project places greater emphasis on providing a safe space for sufferers such as elder people, children and disables. It intended to insulate people from a fire through easy operations and to enhance safety and usability. After several tests, it is proofed that the product appears to be an effective and creative solution in fire rescue.

Human factors knowledge has been considered over the NPD process at both physical (anthropometric) and psychological (cognitive) levels. Based on background research and application of new material & technology, the concept learned from mechanism principle and assimilated into understanding of environment/system design, Kansei engineering and material technology. Driven by user centred design, the design conducted various research methods in terms of observation, recording and analysis. Sufferers' data and information have been discovered/ collected, in particular disables. This helps to determine a proper route of escaping. A prototype of concept simulated the window's covetable structure and function, as well as testified the rationality of special usage.

The fire-rescue window is named as - 'Harbour', which won the gold medal of 'Janus Design Award 2016' in France. 'Harbour' has been recognized as one of the successful solutions in the field of fire rescue. It also passed the ergonomic evaluation and is expected to satisfy various rescue requirements precisely and efficiently.

Key words: fire-rescue window; rescue and self-rescue; design innovation; user centred design; human factors; ergonomics

火灾救生窗设计中的人因创新应用

杜海滨¹, 郭方斌², 赵妍³

(1. 鲁迅美术学院工业设计学院 沈阳 110004; 2. 英国利物浦 JM 大学工程技术学院 利物浦 L3 3AF;
3. 鲁迅美术学院工业设计学院 沈阳 110004)

摘要: 火灾救生窗是一个新产品开发设计, 旨在提高火灾救援的成功率, 针对家庭住宅和公共建筑外墙窗体而设计开发的新产品。设计概念强调为不方便快速移动人员(如老人、儿童、残疾人士)提供救生隔离空间, 从而通过简单操作将被困人员与火场隔离, 增加救援的安全性和便捷性。该设计经过模拟试验证实是目前火灾救援中一种有效的和创新型救援方式。

设计中充分运用人因学的理论实现设计创新, 包括人体测量学和心理认知两个层面。通过背景调研、新材料和新技术的应用, 本设计借鉴了有关机构学的工作原理, 融入环境设计, 系统设计, 感性工学和材料工艺学等相关知识。设计遵循以用户为中心的原则, 运用观察、记录和分析等研究方法获取受灾人员的各项指标, 尤其对残疾人用户进行观察和测试, 从而有针对性地选择合理的火灾避险路线。通过 3D 模型模拟救生窗折叠结构和功能、并检验空间使用的合理性。

火灾救生窗-harbor，在 2016 年荣获了法国双面神设计金奖，它被认为是有效解决火灾救援困难的成功设计案例之一。通过人类工效学评估，harbor 可以准确、有效地完成各项救援任务。

关键词：火灾救生窗；施救与自救；设计创新；用户中心；人因学

1. 设计调研

1.1 案头调研

根据人因学的数据，图 1 为 2014-2016 年火灾住宅伤亡数据统计表，2016 年统计显示，未成年人占 14.7%、老年人占 35.3%。在 38 起较大火灾中，在住宅内有 25 起。现有火灾逃生的方法中最常用的是利用楼梯道走廊逃生；窗户、阳台、外通廊、避难层的缓降器、救生袋、安全绳等专业设备进行逃生。受火势强弱、受困人员具体情况、救援设施配置分布、建筑室内布置图等因素影响，火灾救援依然困难重重，充满变数。

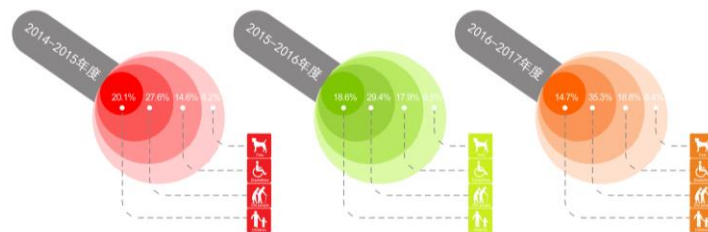


图 1 2014-2016 年火灾住宅伤亡数据统计

1.2 实地调研

通过实地调研和用户访谈信息采集，调查人员发现在室内设置救援设施能够有效防止人员伤亡，此外，火灾产生的烟雾、爆炸、楼内物品坍塌给逃生者和救援者带来逃生困难，因火灾产生的恐慌经常延误人员逃离。对于残障人士、老人、儿童甚至宠物来说，即便有逃离通道，迅速撤离火场也是非常困难的。

1.3 设计痛点

用户痛点研究是产品人因创新方法之一。其一，现有救援产品仍存在缺陷，不能有效对高层火灾进行施救，经常由于设备使用受限、人员撤离缓慢等原因危害生命财产安全；其二，火灾产生的烟雾和恐惧，使人们在慌乱中选择错误的逃生路线，或因火势错过宝贵的逃生时间；其三，对于残疾人士、老年人、儿童、孕妇等特殊群体而言，迅速转移非常困难，一旦在火灾中受伤，即便是身体力壮的人员，情况也会十分危险。

2. 设计预想

2.1 功能分配

设计功能的传达包括测定空间需求，定位控制位置视觉识别的容易度、操作速度的合适性，进行精确调整的舒适度等（高凤麟，2016 年）。火灾救生窗有室内控制和窗内操控两部分（如图 2 所示）。室内仅设启动按钮。依据人机工程学防止意外激活控制器的方法，采用隔离或提供一个屏障，以限制接触控制器（胡海权，2013 年）。

窗内与人员交互频繁的功能区，主要集中在操作界面上，包括显示器、控制按键、报警系统、灯光提示设备等。操作界面设置遵循用户中心的使用原则。人因学中的用户概念模式 (User Conceptual Model) 提示人们常对工具的操作方向有着共同认识，并形成一致的习惯。符合群体习惯的工具，因而使用户提高工作效率，减少操作错误（王保国，2007）。通过对

UCMs 的研究和分析, 救生窗内显示器的界面设计和语音提示, 能指导用户正确操作该产品, 启动火警铃和警示灯, 拨叫火警电话。

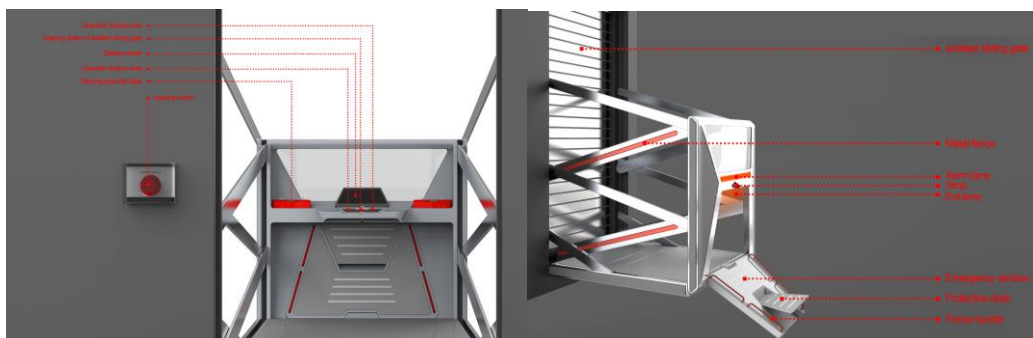


图 2 火灾救生窗的功能介绍

2.2 结构设计

火灾救生窗由三个部分组成, 即支撑台、控制台、支撑支架 (如图 3 所示)。救生窗安装在高层住宅的外部墙壁上, 这样的结构不会增加建筑内、外空间。当火灾发生时, 四组支撑杆将救生窗翻转形成一个可以与室内隔离的空间; 当火灾熄灭后, 卷帘隔离门开启, 人员回到室内后, 可将救生窗展开成平面与建筑外墙合为一体。

样机模型的制作进一步测试火灾救生窗的结构合理性, 救生窗等比例 1:5 模型 (如图 4 所示) 和局部结构测试模型, 通过 SolidWorks 软件装配模拟和样机制作确保结构的可行性和稳定性。

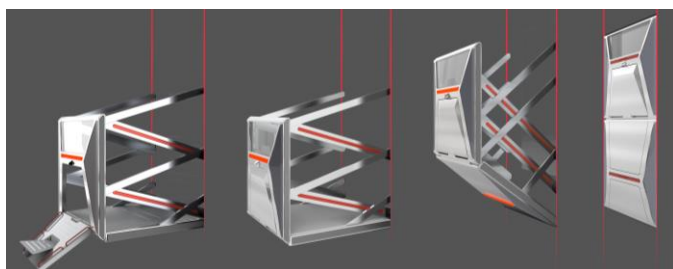


图 3 火灾救生窗的结构展示



图 4 火灾救生窗的样机模型

2.3 隐藏式空间

对于用户而言, 理想的服务状态是, 当用户不需要救援时, 设备隐藏于空间之中; 当用户遇到危险时, 设备出现并启动。根据模块化和系统化设计原则, 窗体由多组模块组成, 满足私人住宅和办公空间不同数量人员的使用需求 (如图 5 所示)。

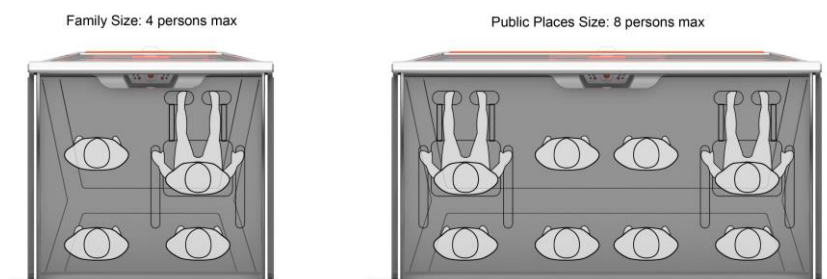


图 5 火灾救生窗的模块设定

2.4 使用流程

在几种不同的救生窗设计方案中，harbor 火灾救生窗更为完善。harbor 分为四个使用步骤（如图 6 所示）：第一、当火灾发生时，按下启动按钮，救生窗打开；第二、人员迅速转移进入救生窗；第三、按下救生窗中按钮，关闭卷帘闸门，通过救生窗中对讲机求救，等待救援。第四、当室内火源熄灭后，救援人员通过对讲机告知救生窗中的人员，打开隔离卷帘门回到室内，将救生窗关闭。

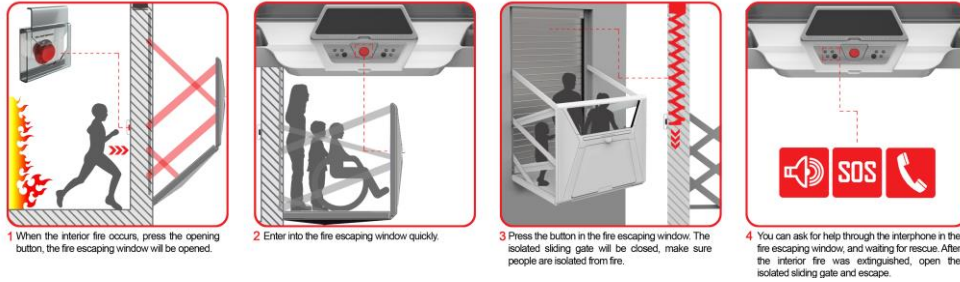


图 6 火灾救生窗的使用流程

设计人员建立模拟空间进行了逃生测试，通过行为影像记录，归纳出遇火灾险情时人们的几种逃离路线图。将救生窗安置在人们惯性逃生路线上，有利于在黑暗或障碍中，快速抵达安全区域（如图 7 所示）。

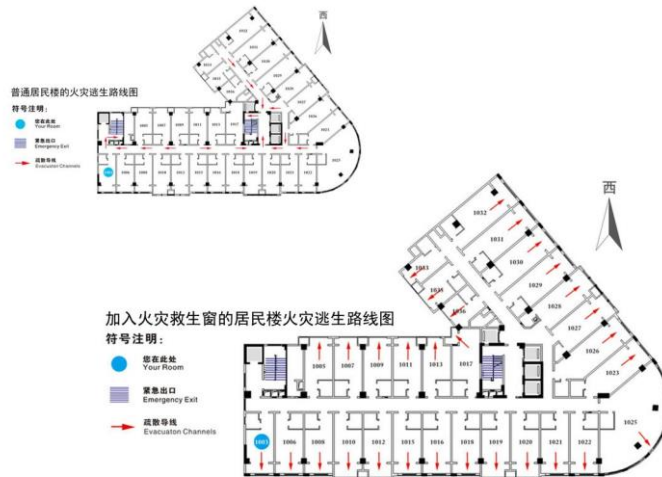


图 7 逃生路线对比

2.5 施救与自救

火灾救生窗提供施救和自救双重功能，根据受困人员自身条件、楼层高度、气候条件等因素，通过三个步骤自我救援（如图 8 所示）：第一步，救生窗的对讲机与楼下救援人员联系，救援人员打开充气安全气垫，在救生窗中启动绳索，绳索下降后与气垫连接，消防员通知救生窗中的人员可以安全降落；第二步，取出救生窗中的救援包，打开后穿上滑索安全带，按照提示将安全带与绳索连接后，打开救生窗中的紧急逃生窗口；第三步，通过滑索降落到安全气垫上，解开滑索安全带，迅速撤离现场。

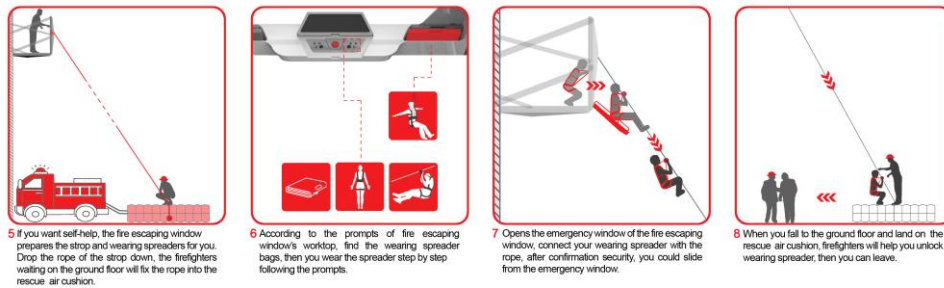


图 8 火灾救生窗的自救步骤

3. 人因学应用

3.1 用户为中心

自上个世纪 80 年代以来，工业（产品）设计经由科技驱动的发展阶段转变为以用户为中心的设计。制造业的工艺水平和成品质量不再是设计师关注的焦点（郭方斌，2017）。如何使产品的界面简单易懂，正确、安全和高效是当代设计师的主要责任。救生窗的操作过程简化为两个步骤，增强了产品的易用性。设计遵循了以用户为中心的原则，充分考虑到用户在火灾中使用产品的实际情况，尤其当人们面对生死攸关的紧急时刻，如何让用户迅速并准确地识别和安全地操作产品是本案重点考虑的问题。

多数人的心理会在紧急危险状况下（如火灾、爆炸或房屋倒塌等）发生骤然变化，发生选择错误逃生路线、逃生通道拥挤、发生踩踏事件等情况。火灾救生窗被设置在住户家中，充分考虑了这种情况，旨在规避和减少用户恐惧，帮助用户理智、清醒地完成自我救援和施救。运用产品语意学和符号学的知识帮助用户快速、准确和安全地操作产品，例如（Distinguisher）区别器（包括形态和色彩）和（Pointers）图标/象形符号等被恰当的应用到醒目的位置（如图 9 所示）。此外火灾救生窗设计有紧急救援药箱，可为火灾中受伤的用户提供简单的包扎和药物治疗，以减少因等待治疗时间过长而错过急救时间的可能。



图 9 火灾救生窗的室内、外布置

3.2 人因学物理层面的应用-人体测量

人体测量学为产品设计提供了一个特定区域的人体尺度数据，提供了一个人机尺度关系标准（如图 10 所示）。救援窗的尺寸依据高层建筑楼层高度、窗户尺寸的标准，依据住宅设计规范 GB50096-1999，普通住宅层高不高于 2800(mm)。窗户尺寸规范中，基本的窗洞高度、宽度有 900、1500、1800、2400 (mm)等。救援窗标准化、模块式的尺寸设定可以满足不同住宅、公共空间的安装需要。

火灾救生的尺度需适合绝大多数用户的身体尺度。在实际应用中常用平均值决定设计的基本尺寸，对于设计而言，不可能满足所有的使用者，而只能适应于大多数人，这个适应于大

多数人的范围，称之为适应域（胡海权，2013年）。

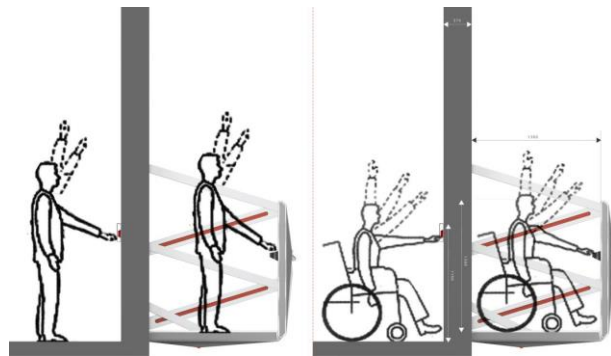


图 10 产品的尺度参照

在人体测量数据表中常出现的人体尺寸，提供男性和女性的第 5、50、95 百分位数值（王保国，2007 年）。在产品设计中正确使用人体测量数据应遵循以下步骤：1、识别所有与产品相关的人体尺寸；2、确定预期的用户人群；3、选择预期目标用户的满足度；4、获取正确的人体测量数据表并找出需要的基本数据（胡海权，2013 年）。图表 1 提供了火灾救生窗的入口、操作台、空间区域、紧急撤离通道等关键人体测量数据的选择依据。

项 目	取适应大多数的人体尺寸	注 释
通道入口	应取允许95%的男性通过的 高度	其余5%的高个可低下头通过
应急出入舱口	其宽度应允许99%的男性通过	应考虑通行者的穿着, 这里的 宽度如取平均值, 会使50%的人 无法通行
控制板(非紧要的)	各旋钮间隔应允许90%的男性使用	如带手套操作, 各旋钮间距应 留得更大
仅允许旋钮进入的孔眼	其孔径应取最小, 只有1%的男性手指可通过	设计应确保不让人的手指插入这样的孔眼

图表 1 关键人体测量数据的选择依据

3.3 心理认知层面

内塞尔定义认知心理学是感觉输入的变换、减少、解释、储存、恢复和利用过程（内塞尔，1967 年）。近期的研究表明在危机情况下，人们对符号、光带、声音的识别速度高于文字。符号（sign）是借助超越事物本身的一种形式来代表该事物（张春兴等，1991 年）。大体分为四类：第一，形象类；第二，声音类；第三，光亮和色彩类；第四，动作类等（赵江洪，2008 年）。

形态遵循意义，意义来自体验和经历。产品语意学一直是工业设计师关注的根本和赖以同用户交流的语言。强化产品的自译性和功能的可见性（affordance）能帮助用户识别意义并正确操作产品。火灾救生窗的设计始终运用人因学的原理，得意于认知心理学、产品语义学、符号学的理论。着重探索在紧急情况下，如何安全、快速和便捷地操作产品，对用户生活方式和产品使用方式进行研究和理解，并对产品功能、形态、材料、色彩以及使用方式进行评估（李彬彬，2015 年）。

火灾救生窗应用了暗示（Signifiers）的概念。暗示是设计师同用户交流的界面语言，旨在传递产品使用信息给用户。比如在设计过程中，作者首先定义本产品为简单界面（Simple

interface)，意在提高易用性，帮助用户快速识别和操作产品。选择使用金属（金属感）材料以及直线条的外露结构设计是从产品性格特征（Character traits）方面考虑，希望给用户更多的安全感和信任感，缓解紧张心理。合页轴的外露设计直接表达（Expressive）了产品的功能和操作的方法。

4. 设计评估

日本早在 20 世纪 80 年代就已经提出“感性工学”的概念，在实际的人机环境系统中，直接决定操作者行为反应的是其对客观刺激产生的主观感觉。过去感觉评估主要依靠经验和直觉，现在可应用心理学、生理学、可行性实验、统计学等方法进行测量和分析（赵江洪，2008 年）。火灾救生窗已经进入了产品可行性试验阶段，包括样机模型制作和虚拟场地模拟实验。通过测试对产品的各项指标进行了设计评估（如图表 2、图表 3 所示）。

人类工效评估	人类工效缺陷	可能导致的风险	改进或创新措施
工作环境	高温、浓烟、空气稀薄	造成受灾人员伤亡	在住宅内部和公共区域设置火灾救援应急头盔、口罩、面具、灭火、照明等设备
	救援通道拥堵	造成受灾人员无法安全、迅速撤离	提供多种撤离方式和通道，加入火灾逃生指南和导视系统辅助逃生
	存在被困于火场的风险	造成受灾人员伤亡	在住宅楼或公共建筑楼室内增加救援隔离空间

图表 2 火灾救生窗的工作环境人因评估

人类工效评估	人类工效缺陷	可能导致的风险	改进或创新措施
使用方式	火灾浓雾操作视野差	不能迅速寻找逃生通道和开启逃生设施的操作界面	增加灯光和发光带等导视信息
	缺乏自我救援经验	错过黄金逃生和救援时间，延缓救援效率	加入交互界面等直观信息提示方式
	部分受灾人员移动缓慢	造成受灾人员慌乱逃生、挤压碰撞受伤、救援通道受阻	提供更加便利、快捷、安全的避险空间和救援方式
	施救困难	导致等待救援时间延迟，增加受灾人员伤亡风险	提供等待救援和自救多种使用方式，完成与救援人员、设备的安全对接
	自救设备操作方式复杂	造成有效救援受阻，延迟救援时间，造成人员伤亡	减少操作步骤、增加设备稳定性、减少文字说明、增加语音提示

图表 3 火灾救生窗的使用方式人因评估

根据受试人员访谈记录，设计评估主要围绕产品的功能、结构、适应性、人性化、创新性、美观性六个方面进行考核（如图 11 所示）。经评估，产品的以上六个方面测试数据结果均达到预设标准，火灾救援窗具有较好的可实现性和广泛的社会需求。

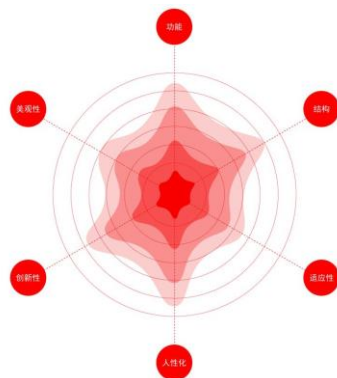


图 11 火灾救生窗的综合设计评估

5. 结论

火灾救生窗是一款新概念产品，既是救援产品又是建筑避险预设，目前设计正处于概念验证阶段。设计师将邀请多批受试用户进一步完成可行性测验。围绕救援窗的衍生产品，如救援药箱、救援滑索设备、窗体与救援车辆的连接装备等也将根据用户使用需求进一步完善。该产品开发重视人因学的原理，运用产品语义学和符号学知识满足用户需求，为救援产品的用户体验和功能创新具有启示和引领作用。

参考文献

1. 高风麟(2016年). 人机工程学[M]. 北京: 高等教育出版社. p27-p31, p32-p34.
2. 郭方斌(2017年). Capturing Imagination: A Shift from Teaching to Learning. The proceeding of ICERI2017, Seville, Spain
3. 胡海权(2013年). 工业设计应用人机工程学[M]. 辽宁: 辽宁科学技术出版社. p32, p40-p53, p61-p65.
4. 李农(2014年). 设计调研[M]. 北京: 电子工业出版社. p35-48, p50-p54, p195-p202.
5. 李彬彬(2015年). 设计心理学[M]. 北京: 中国轻工业出版社. p22-25, p50-p54, p195-p202.
6. Delft College of industrial design and engineering(2014年). Technische Universiteit Delft, Design method and strategy[M]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology Press, 2014. p137-p141.
7. Experience design studio(2015年). Experience design, Beijing: Communication University of China Press, 2015. p31-p37, p90-p112.
8. 诺曼, 唐纳德.A. (2010年). 设计心理学[M]. 北京: 中信出版社. p52-54.
9. 王保国(2007年). 安全人机工程学[M]. 北京: 机械工业出版社. p30-p42, p119-p122.
10. 周晓帆(2008年). 人的形态基础[M]. 浙江: 中国美术学院出版社. p155-p158.
11. 赵江洪(2008年). 设计心理学[M]. 北京: 北京理工大学出版社 2008. p16-p17, p44-p48, p84-p87.