# 基于实体交互的智能产品设计方法

易军，汪默
（湖南大学 设计艺术学院，长沙 410082）

**摘要：目的** 从交互方式角度分析智能产品的设计特点，研究基于实体交互的创新设计方法。**方法** 在综合运用智能产品设计和实体交互理论研究的成果基础上，提出了以资源库为核心的基于实体交互的智能产品设计方法，制作了设计原型，并对其用户体验实施了初步测试。**结论** 通过智能计时器的创意设计实践，验证了基于实体交互的设计方法可用性，能够有效地激发设计创意和改善用户体验，是智能产品设计的一种新方法。

**关键词：**实体交互；智能产品；设计方法
**中图分类号：**TB472　　**文献标识码：**A　　**文章编号：**1001-3563(2018)02-0107-06

## Smart Product Design Approach Based on Tangible Interaction

*YI Jun, WANG Mo*
(School of Design, Hunan University, Changsha 410082, China)

**ABSTRACT:** This study aims to explore the design of small product from interaction perspective and study the design ideation approach based on tangible interaction. Based on utilizing the theoretical research of smart product and tangible interaction, this paper proposed a design method of applying tangible interaction to smart product based on resource library. A working prototype is made and a preliminary test is taken to examine the user experience. The design practice of smart timer verified the feasibility of this design approach. It can effectively inspire the design ideation and significantly improve the user experience.

**KEY WORDS:** tangible interaction; smart product; design approach.

近年来，智能产品产业发展迅速，新的机遇也带来了新的挑战。业界分析认为，限制智能产品发展的问题有：相关智能化技术没有实现真正突破，产品在智能平台层面的协同合作存在壁垒，用户真正的需求没有得到满足等[1]，而本文主要从交互方式的角度来探讨智能产品存在的问题。技术的成熟和发展带来了语音交互、手势交互、自然交互等交互方式的发展，传统产品的智能化给其交互方式的设计带来了巨大可能空间的同时，也伴随着新的挑战，比如用户习惯的改变和操作复杂化等问题。实体交互的概念伴随着第一代消费电子产品以及对数字图形界面的反思而诞生。根据实体交互具有抽象的数据实体化，充分利用人类触觉的优势等特点，将其应用在具有数字化属性更强的智能产品上，自然是应该尝试的。

## 1　智能产品

智能产品是联网的消费产品，嵌入了微处理器和软件程序，从而实现管理各种方面的产品功能[2]。此定义主要参照 Mary J Cronin 的研究，智能产品又称智能硬件，是强调其作为产品的硬件属性和实体的属性，以此与软件产品区分开来。根据智能产品的定义，其 3 个最重要的特征是联网、微处理器和软件，特征衍生的 3 个主要功能是数据传输、记录信息和数字界面。

对智能产品的交互设计研究，主要集中在数字图形界面的交互领域，其他交互方式的研究较少。其中，崔天剑等人从时代背景、技术发展和设计原则等方面，综述性地介绍了智能时代的产品设计[3]；饶家玮探讨了自然交互在可穿戴产品中的应用[4]；王选等人

**收稿日期：**2017-09-15
**基金项目：**国家科技支撑计划项目（2015BAH22F00）
**作者简介：**易军（1970—），男，湖南人，博士，湖南大学副教授，主要研究方向为产品设计与数字模型。

探讨了基于可用性理论的交互式产品设计方法[5]；Mike Kuniavsky 综述性地介绍了基于普适计算用户体验的智能产品设计的思路和例子[6]。

## 2 实体交互

实体交互是人通过与物理环境的互动，而实现与数字化信息发生数据交换，此定义由 MIT 媒体实验室的 Hiroshi Ishii 提出[7]。强调通过抽象数据实体化，充分利用人类的触觉优势。概念处于多个学科交叉区域，尤其受到计算机、人机交互和产品设计 3 个学科的影响。近年来，普适计算、感应器、执行器、机器人与机械制造等新技术的应用发展，为高自由度的实体交互界面提供了实现的技术基础。

数字化世界的实体交互价值研究已经产生了一系列成果，Orit Shaer 和 Eva Hornecker 对实体交互的分类框架、概念基础、应用领域、实现技术、优势与局限和未来发展等，进行了全方位的综述性介绍[8]。Brygg Ullmer 和 Hiroshi Ishii 提出了实体交互的理论模型，论述了实体交互的理论框架[9]。加拿大西蒙弗雷泽大学的 Lesley Xie 的团队，用定性和定量方法对比了采用传统交互界面、数字交互界面和实体交互界面的产品对学龄幼儿教育的影响，论证了实体交互界面具有更加愉悦的体验和更高的参与性的优点[10]。

实体交互在产品设计领域的应用方法研究和项目实践也有诸多案例。Dag Svanaes 和 William Verplank 分析了隐喻的方法在实体交互界面设计中的应用，并提出了基于魔法和超自然现象实体交互的隐喻新思路[11]。Lukas Van Camperhout 和 Joep Frens 探索了在设计去物质化产品时，如何兼顾物理世界的优势，批判了实体交互设计中传统的以“代币”为核心的设计思路，提出了功能实体化为物理领域的以“模块”为核心的设计思路[12]。

Lukas 的研究小组的实践案例之一是支付终端，通过把智能手机放在 NFC 感应区域内这一动作进行支付，并用红色液体从手机转移到支付终端的视觉效果作为支付状态的反馈。与实体交互的传统设计案例不同，Lukas 提出了新的设计思路，但并未系统地讨论设计方法，见图 1（图片摘自 Lukas）。

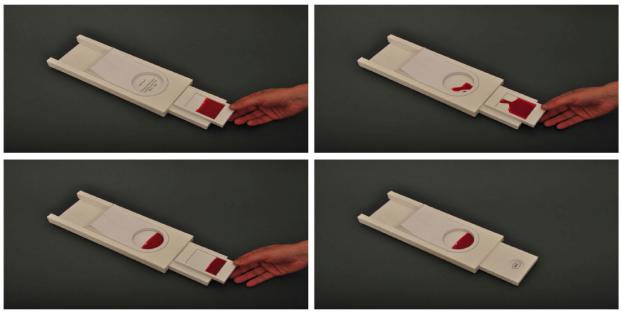

图 1 Lukas 研究小组设计的支付终端
Fig.1 Lukas team's payment terminal

## 3 基于实体交互的智能产品设计方法

基于实体交互智能产品设计方法是以资源库为核心的，在智能产品设计和实体交互理论研究的成果基础上，通过动作库、灵感库和穷举矩阵所产生的关键词，为构思发散设定方向和目标，透过理性分析和逻辑构建对设计创意构思过程进行约束与指引。

### 3.1 资源库的创建

资源库的构建的本质是信息的收集和整理，包括动作库和灵感库。动作库的对象是通过影像记录物品的交互动作，灵感库的对象是通过图片记录与产品相关的关键词，构建完成的灵感库为下一步的设计提供了方便和知识基础。设计人员在建立资源库的操作过程中，加深对交互动作的印象，激发设计灵感，实现设计构思的相关储备积累。

#### 3.1.1 基于 GUI 和 TUI 隐喻转化理论的动作库构建

Brygg Ullmer 和 Hiroshi Ishii 提出了数字图形界面（Graphic User Interface，GUI）和实体交互界面（Tangible User Interface，TUI）隐喻转化理论[13]，GUI 的设计是通过隐喻方式对物理桌面进行模拟，构建日常认知和经验的关联，是物理世界在数字世界的映射。专注于把 GUI 实体化和具象化，开发了将图形界面隐喻转化成为实体交互界面的设计途径，见图 2。（图片摘自 Brygg Ullmer）。

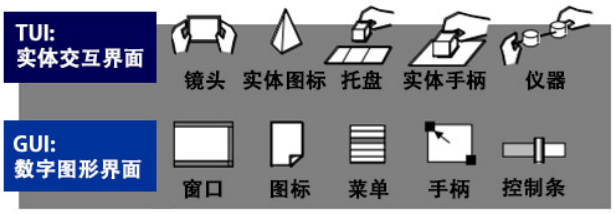


图 2 TUI 和 GUI 控件元素对应图例
Fig.2 TUI instantiations of GUI elements

受到 GUI 具象化的思路启发，将物品交互动作的扩展含义转换为具有目标控制意义的实体交互动作。人与实体物品的每一个交互动作，都可以找到其对应的扩展含义和作用对象，并展现出了其潜在被利用的高可供性，包含“动作”和“物件”。以“擦桌子”为例，包含动作“擦”和物品“桌子”，扩展含义是删除及刷新。

动作库的实体存在形式是卡片，动作库构建的第一步，是收集生活中的实体物品，拍摄其照片并制成卡片。第二步，记录人与第一步收集的实体物品的交互动作，由设计人员在镜头下重现使用情景并体会动作感觉，记录下其影像，并制作卡片副本，这是动作库构建的关键步骤。在很多不同的设计方法中，如身体风暴、角色扮演、场景模拟等设计方法中，都强调

动作、场景、五感等多个层面的亲自体验对于设计师的创意的产生的重要性，见图 3。第三步，分析每个交互动作的象征以及可能的扩展含义，象征以及扩展含义是动作库的重要属性，每个交互动作可以对应多个不同的扩展含义。第四步，按扩展含义对资源库进行分类整理，为其添加扩展含义标签，方便分类和查找。见图 4。

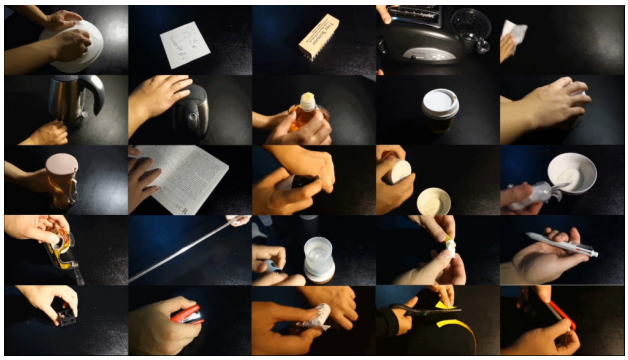

图 3　实体物品交互的影像记录
Fig.3 Video recording of interactions with daily products

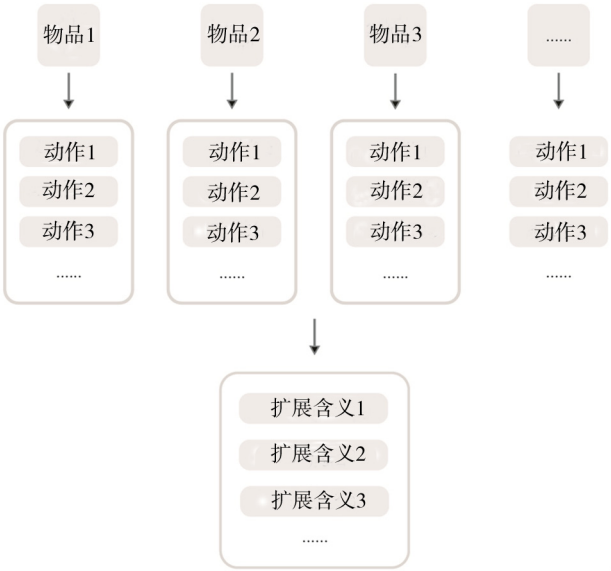


图 4　动作库的整理与构建
Fig.4 Establish action library

### 3.1.2　基于构思组件理论的灵感库构建

Kulkarni 和 Shah 提出了不同的设计构思方法( 头脑风暴、协同手绘、形态图表等 )，但都含有一些相同的元素，称其为构思组件，是设计师产生创意的心理学认知机制，是设计构思方法定量分析评价的基础[14]。Noe Vargas Hernandez 的团队挑选出了研究设计创意构思机制的 6 个组件：激发式刺激、延迟评价、灵活表征、参考框架转移、孵化期和范例接触[14]。灵感库构建基于构思组件理论，收集和整理设计灵感，设计人员此过程中进行相关设计基础知识和潜在创意思维的积累。

灵感库的实体形式是由卡片组成的工作墙。第 1 步，根据设计需求设定灵感主题，灵感的主题设定不是设计的对象产品类型，而是对象产品的具体情景和附加属性，从而能够兼容一些特定情景的实体交互产品的设计。第 2 步，以设定的灵感主题为方向，通过网络等多种手段收集任何与设计主题相关的图片和词语，并制作灵感卡片，灵感收集的范围非常广泛，包括与设计相关的参考元素、视觉风格和情感风格等。灵感库构建是通过联想的方式，组织和发掘与主题及产品相关的要求，提供信息参考。第 3 步，汇总小组各成员的资料，对图片和关键词进行分类，并选取出现频率最高的图片和关键词，组织设计小组成员对其进行讨论和二次发散。

灵感库的构建过程主要包括了上述“激发式刺激”、“孵化期”、“范例接触”、“灵活表征”这 4 个构思组件。灵感的收集对应“激发式刺激”和“范例接触”。整理和分类对应“孵化期”，通过制作实体化资料和卡片对应“灵活表征”。与偏向严谨规范的动作库不同，灵感库偏向设计认知启发。

## 3.2　基于实体交互的智能产品设计模型

此设计模型基于实体交互的框架模型“模型—控（Model-Control-Representation，MCRpd）及其 4 个关键特点，结合了产品功能需求文档，整合了动作库、灵感库和隐喻的产生等设计要素。

### 3.2.1　实体交互界面的交互模型 MCRpd

Brygg Ullmer 和 Hiroshi Ishii 参照了 GUI 的“模型—视野—控制器”（Model-View-Controller，MVC）交互模型，提出了 TUI 的交互模型 MCRpd[9]，强调了 TUI 的实体象征和控制的整合，体现了实体交互的 4 个关键特点，即实体象征和底层数字信息是计算性耦合；实体象征具象化了交互控制的机制；实体象征与积极介导数字象征是感知性耦合；界面的实体物理状态部分具象化了系统的数字状态。

### 3.2.2　以资源库为核心的智能产品设计模型

以资源库为核心的智能产品设计模型具有 4 个主要特性。第一，引入了动作库。通过动作库与实体象征的互动来构思创意，为指定动作寻找实体象征，或者通过实体象征来反推动作库。第二，引入了灵感库。灵感是产品概念设计构思的起点，并为产品带来了更多的内涵。第三，引入了功能需求文档。通过市场调研、竞品分析、使用情景和用户调研等前期分析，提出产品设计功能需求文档。第四，通过灵感库和动作库来引入多层隐喻。第 1 层隐喻是用实体象征来代

表的数字信息的基本特性。第 2 层隐喻是基于 Dag Svanaes 和 William Verplank 论述的设计灵感与目标产品结合的思维模型对应的隐喻[11]。第 3 层隐喻由动作库链接目标产品及其功能时产生，是在动作库中与“物件”相对应的交互动作在匹配到目标设计产品时，因其作用的“物件”发生改变而产生的一层隐喻。同理，第 4 层隐喻由动作库链接灵感库时产生。隐喻在设计模型中的多个层面发挥作用，但同一个产品不一定需要同时包括 3 种隐喻，见图 5。

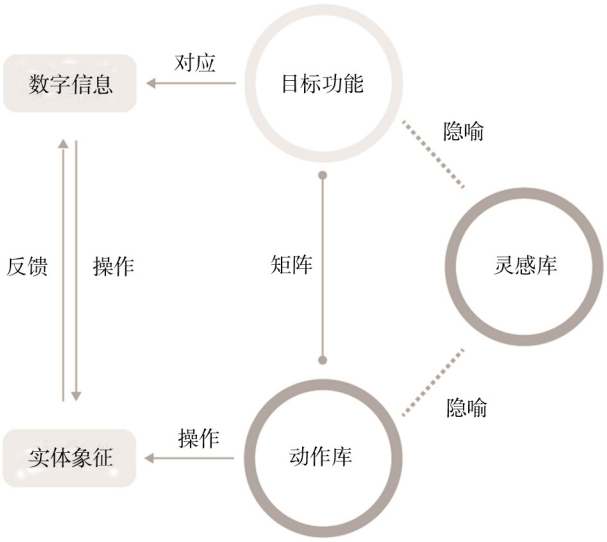


图 5 基于实体交互 MCRpd 模型的智能产品设计模型
Fig.5 Smart product design model based on MCRpd model of tangible interaction

### 3.3 基于实体交互的智能产品设计流程

基于实体交互 MCRpd 模型的智能产品设计创意模型，提出了基于日常生活动作库的实体交互的设计步骤，见图 6。

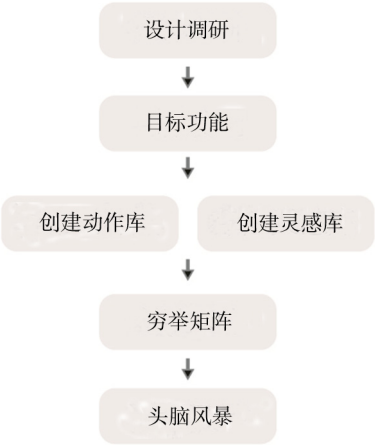


图 6 基于实体交互的智能产品设计步骤
Fig.6 Smart product design process based on tangible interaction with the core of resource library

第 1 步，产品前期调研和分析。

第 2 步，根据目标设计产品的使用情景和设计目标，提出产品功能需求文档。

第 3 步，构建动作库，收集日常生活中的常见的交互动作，并通过照片、影像等方式，按产品类别建立动作库。

第 4 步，构建灵感库，按照设计主题收集灵感关键词并分类整理成灵感库。

第 5 步，制作一个矩阵，横坐标轴方向为动作库中收集的交互动作，纵坐标轴方向是目标产品的交互行为，通过矩阵穷举所有的可能的组合。

第 6 步，选取第 4 步的结果作为基础关键词，使用协同草图、头脑风暴等任意相关常用设计构思方法进行思维发散，使用工作墙分析和记录结果，最后拍照记录结果。

## 4 智能计时器原型设计实践

### 4.1 设计目标与构思

设计基于文化的桌面工作学习智能计时器，首先根据设计目标设定功能库，包括一段指定长度时间、到时提醒、按设定自动循环、单位总数报告等。再根据设定的主题文化建立灵感库，决定选取日文“鹿威し”作为灵感关键词，汉语“添水”和“僧都”为其命名，见图 7（图片摘自网络）。添水是日本禅意庭院的一种常见景观设计，利用流水使竹筒的平衡中心发生转移，敲击石头发出声音被赋予了安静与空灵的含义。

图 7 日式庭院中常见的添水
Fig.7 Shishi-odoshi in Japanese garden

### 4.2 产品原型制作

使用开源硬件平台 Arduino 制作产品原型[16]，硬件包括外观造型和功能组件（伺服机马达、角度感应器、扬声器、蓝牙模块等）。在三维建模软件中，按照 STL 文件的水密标准制作数字模型，利用 3D 打印技术制作实体模型。使用 Arduino IDE 编写程序，使用蓝牙模块与手机 APP 通信。计时开始，将上方的竹筒拧至水平线以下，暂停计时，把上方的竹筒朝向调整回水平线以

上，拧下方的竹筒代表取消计时。采用流水声代表时间的流逝，时间设定越短，流水声越紧凑，反之亦然。当一段设定计时结束时，下方竹筒敲击石碗并发出清脆声。使用 APP 自动记录每次的使用时间以及次数，提供详细的数据分析报告，并可以设置倾斜角度对应的档位的时间。原型的最终照片及版面见图 8。

图 8　原型产品最终照片及版面

Fig.8 The final photo and layout of the prototype product

## 5　用户体验的简单测试

微软的 Joey Benedek 和 Trish Miner 于 2002 年开发了产品反映卡片法[17]，测试者使用 118 张写着形容词卡组来描述对产品的感受，并要求被测试者对其选择的主要 5 个卡片进行解释。这个方法主要是通过提取用户的描述和评论对其进行定性分析，统计词频的结果用词云来表示。测试用户共 12 人，通过问卷筛选出对智能产品熟悉的第 1 组和不熟悉的第 2 组，部分测试记录见表 1，产品反应卡片法结果的词云形式见图 9。

**表 1　产品反应卡片法的部分记录**

**Tab.1 Result of Joey Benedek and Trish Miner's 118 cards**

| 选择的卡片 | 用户细分 | 评价 |
|---|---|---|
| 有趣的 | 第1组 | 这个想象水的流动的感觉特别有意思，有禅意 |
| 有效率的 | 第1组 | 在做好设置以后，之后的操作就像最简单的机械式一拧就好 |
| 可自定义的 | 第1组 | 可以在手机上对其声音、时间间隔等进行设置 |
| 吸引人的 | 第1组 | 和任何我见过的计时器都不一样，引起了我的兴趣 |
| 疑惑的 | 第2组 | 不太清楚这个要怎么用，为什么是这样，看到手机界面以后才开始慢慢明白 |

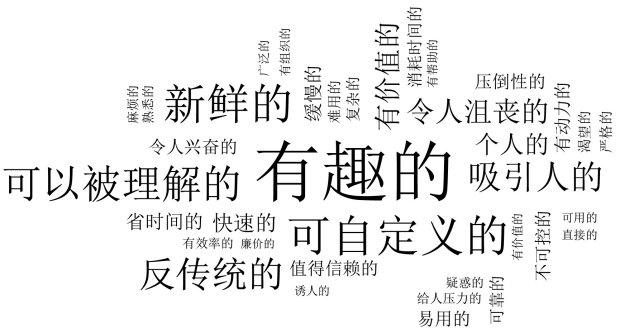


图 9　产品反应卡片法结果的词云形式

Fig.9 Result in the format of word cloud

从被测试者对卡片的描述和评论分析中发现，此设计对了解“添水”装置的用户带来了较大的愉悦感与惊喜感，而对于不了解的用户来说，通过手机端的引导说明，不仅顺利完成了目标测试任务，也对添水的文化和背景表现出了兴趣。

## 6　结语

实体交互运用在智能产品设计中是有意义的探索，为交互方式的设计提供了一个可能的方向。以理论研究成果为依据，提出了基于实体交互的、以资源库为核心的智能产品设计方法和流程，制作出了最小可交互产品原型，使用了用户体验测量方法对其进行

了简单的测试，能够有效提高设计构思阶段创意产生的数量和效率，将动作库和灵感库整合进入产品设计的构思流程，带来了扩展含义与隐喻的整合，明显提升了产品的趣味性和吸引力，减轻了操作习惯改变带来的不适感，改善了智能产品的用户体验。可交互设计原型产品由于技术水平与开发成本的限制，未能实现并测试全部交互设计功能。基于此框架和方法，制作了一系列基于实体交互的智能计时器原型，将方法运用到复杂交互行为智能产品设计中，通过更广泛的实践来检验方法的可行性，是下一步继续研究的工作。

**参考文献：**


[1] 温晓君. 中国智能硬件产业发展现状与建议[J]. 高科技与产业化, 2016(2): 80—85.
WEN Xiao-jun. China's Smart Product Industrial's Present Situation and Advice[J]. High-Technology and Industrialization, 2016(2): 80—85.

[2] CRONIN M J. Smart Products, Smarter Services: Strategies for Embedded Control[M]. Cambridge University Press, 2010.

[3] 崔天剑, 徐碧珺, 沈征. 智能时代的产品设计[J]. 包装工程, 2010, 31(16): 31—34.
CUI Tian-jian, XU Bi-jun, SHEN Zheng. Product Design of the Intelligent Times[J]. Packaging Engineering, 2010, 31(16): 31—34.

[4] 饶家玮. 基于自然交互方式的可穿戴产品设计研究[D]. 南昌: 南昌大学, 2015.
RAO Jia-wei. Research of Wearable Product Design Based on Natural User Interface[D]. Nanchang: Nanchang University, 2015.

[5] 王选, 姚君, 牛伟鹏, 等. 基于可用性理论的交互式产品设计方法研究[J]. 包装工程, 2015, 36(12): 99—103.
WANG Xuan, YAO Jun, NIU Wei-peng, et al. The Method of Interactive Product Design Based on Affordance[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(12): 99—103.

[6] KUNIAVSKY M. Smart Things: Ubiquitous Computing User Experience Design: Ubiquitous Computing User Experience Design[M]. Morgan Kaufmann Publishers Inc, 2010.

[7] ISHII H, ULLMER B. Tangible Bits: Towards Seamless Interfaces between People, Bits and Atoms[C]. Proceedings of the ACM SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, 1997.

[8] SHAER O, HORNECKER E. Tangible User Interfaces: Past, Present, and Future Directions[J]. Foundations and Trends in Human-Computer Interaction, 2010, 3 (1—2): 1—137.

[9] ULLMER B, ISHII H. Emerging Frameworks for Tangible User Interfaces[J]. Ibm Systems Journal, 2000, 39(3—4): 915—931.

[10] XIE L, ANTLE A N, MOTAMEDI N. Are Tangibles More Fun? Comparing Children's Enjoyment and Engagement Using Physical, Graphical and Tangible User Interfaces[C]. Proceedings of the 2nd International Conference on Tangible and Embedded Interaction, 2008.

[11] SVANAES D, VERPLANK W. In Search of Metaphors for Tangible User Intefaces[C]. Proceedings of Dare 2000 on Designing Augmented Reality Environments, 2000.

[12] VAN C L D E, FRENS J W, OVERBEEKE C J, et al. Physical Interaction in a Dematerialized World[J]. International Journal of Design, 2013, 7(1): 1—18.

[13] ULLMER B, ISHII H. The Meta Desk: Models and Prototypes for Tangible User Interfaces[C]. Proceedings of the 10th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology, 1998.

[14] KULKARNI S V, SHAH J J. Survey for Evidence of Components of Creativity[R]. Arizona State University, 1999.

[15] HERNANDEZ N V, SHAH J J, SMITH S M. Understanding Design Ideation Mechanisms through Multilevel Aligned Empirical Studies[J]. Design Studies, 2010, 31(4): 382—410.

[16] 付久强. 基于 Arduino 平台的智能硬件设计研究[J]. 包装工程, 2015, 36(10): 76—79.
FU Jiu-qiang. Intelligent Hardware Design Based on the Arduino Platform[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(10): 76—79.

[17] BENEDEK J, MINER T. Measuring Desirability: New Methods for Evaluating Desirability in a Usability Lab Setting[J]. Proceedings of Usability Professionals Association, 2002(3): 8—12.