

# 基于 TRIZ 理论的电饭煲防虫设计

于娜, 陈文鑫, 强峰, 陈志芳, 高源贵, 曾国豪  
(珠海格力电器股份有限公司, 珠海 519070)

**摘要:** **目的** 结合 TRIZ 创新理论, 围绕目前电饭煲产品中防虫这一难题进行课题攻关, 探索家电领域中, 工程师在有限时间内突破惯性思维得到解决方案。**方法** 运用 TRIZ 中的功能分析和因果链分析对设计过程中的问题进行规范化描述; 运用矛盾求解和物场分析等工具得到创新方案。**结论** 通过将上述方法作为技术突破手段, 一方面, 在课题攻关过程中产生可行方案, 另一方面将方案纳入点子库作为创新指引为其他产品研发提供参考。

**关键词:** TRIZ; 电饭煲; 防虫; 矛盾分析; 科学效应库; 物场分析; 进化分析

**中图分类号:** TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2020)02-0225-06

**DOI:** 10.19554/j.cnki.1001-3563.2020.02.034

## Insect-prevention Design of Rice Cooker Based on TRIZ Theory

YU Na, CHEN Wen-xin, QIANG Feng, CHEN Zhi-fang, GAO Yuan-gui, ZENG Guo-hao  
(Gree Electric Appliances INC. of Zhuhai, Zhuhai 519070, China)

**ABSTRACT:** The work aims to focus on the insect-prevention problem of rice cooker products based on the TRIZ theory to explore the method in the field of household appliances to help engineers break through inertial thinking in a limited time to get solutions. Functional analysis and causal chain analysis in TRIZ were used to describe the problems in the design process in a standardized manner. Innovative schemes were obtained with such tools as contradiction solving and substance-field analysis. With the above-mentioned method as a technological breakthrough means, on the one hand, a feasible solution is generated in the process of researching the subject, and on the other hand, the scheme is incorporated into the idea library as a guide for innovation to provide reference for other product research and development.

**KEY WORDS:** TRIZ; rice cooker; insect-prevention; contradiction analysis; scientific effect; substance-field analysis; evolutionary analysis

随着电饭煲产品的广泛使用, 用户对电饭煲产品安全性的要求也不断提高。蟑螂是厨房中主要有害虫类, 有时会通过底部格栅进入炊具内部进行破坏和繁殖, 对电饭煲产品内部电路造成威胁。在以往对此类课题的研究时, 工程师受限在惯性思维当中, 无法快速找到相关的解决方案。这里通过 TRIZ 理论系统地对问题进行分析, 引导工程师得到解决方案, 并通过知识管理手段纳入公司点子库, 形成可积累的知识流。

TRIZ 理论是根里奇·阿奇舒勒<sup>[1-4]</sup>在总结了二十多万份专利成果的基础上, 提炼出的一套发明问题解决理论体系。TRIZ 理论主要包括 40 条创新原理、矛盾矩阵表、功能分析、物场分析、76 个标准解和 ARIZ

(又称发明问题解决算法)等, 借此解决工程领域中的创新问题。如三星、西门子和华为等企业已经通过引入 TRIZ 理论取得了成功应用。

## 1 问题分析

与传统创新方法相比, TRIZ 理论能以一种分析式的思维逻辑, 激发个人的创新能力。在项目开始时便对问题进行分析, 通过问题描述、功能分析和因果链等途径, 实现对问题的深度发掘, 降低创新成本<sup>[5-7]</sup>。

### 1.1 描述问题

在家电制造业中, 电饭煲为了保证美观和电路板

收稿日期: 2019-10-21

作者简介: 于娜(1988—), 女, 辽宁人, 硕士, 珠海格力电器股份有限公司制冷工程师, 主要研究方向为技术创新。

的散热要求，在底部设计了进、出风格栅，但虫子可以通过格栅进入电饭煲，可能导致电路板损毁。

电饭煲电路板包含整流桥和 IGBT 模块，在开机状态下，因为产生的热量高，所以安装散热器进行散热；而为保证热量有效散出，设计了进风口格栅吸风，出风口格栅散热，并在进风口增加风扇加快导流散热速度；为保证散热达到要求，对格栅开口面积有一定规定，但开口过大，虫子会爬进去，虫子本身具有导电作用，当虫子的身体连接两个电路板焊点时，可能导致电路短路损毁

### 1.2 因果分析

因果分析（又称为因果链分析），起源于丰田的 5why 分析法，是丰田精益生产的成功秘诀之一，与之不同的是除了纵向的问题发掘外，还有横向的问题发掘，针对目前的问题“电路板损毁”进行因果分析，见图 1。

通过因果分析，引起虫子爬入的根本原因有：格栅孔面积过大；壳体内部空气流通速度不足；虫子喜欢弱热源环境（15~50℃）<sup>[8]</sup>。

### 1.3 功能分析

在 TRIZ 理论中，功能特指功能载体改变或保持功能对象的某个参数的行为，以所要分析的组件为基础，搭建出组件功能模型，从而得知在整个系统中的有害功能、不足功能和过剩功能等。通过组件功能分析（见图 2），对系统中的组件进行描述，并分析它们之间的相互关系，并得出可能导致电路板损毁的有害功能因素有：出风格栅无法阻止虫子进入；进风格栅无法阻止虫进入；虫子连接焊点；线圈盘产生的磁场辐射加热内部空气；IGBT 自身产热加热内部空气。

## 2 问题求解

通过上述对电饭煲进虫问题进行的因果分析和

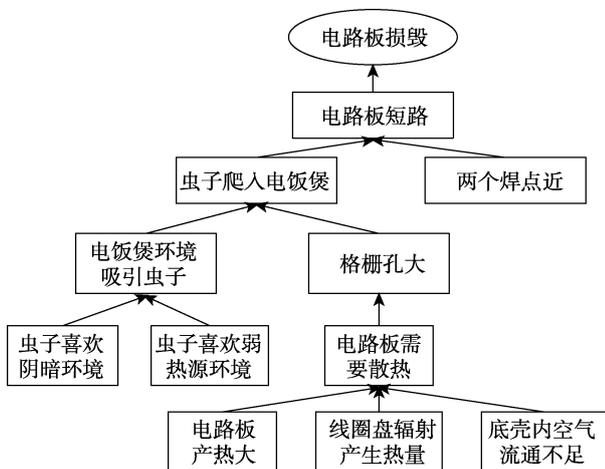


图1 因果分析  
Fig.1 Causal analysis

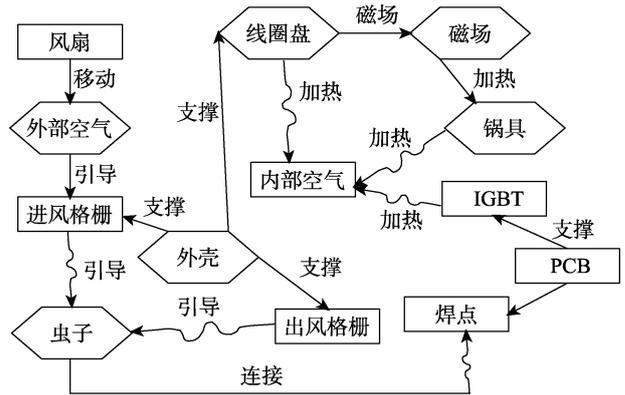


图2 组件功能分析  
Fig.2 Component function analysis

功能分析，找到造成问题的因素，以便结合 TRIZ 理论工具对问题求解，这里对工具应用作进一步描述。

### 2.1 矛盾分析

矛盾分析是 TRIZ 理论中的常用工具，主要分为物理矛盾和技术矛盾，技术矛盾是指当在系统中改善一个参数时将导致另一个参数的恶化，物理矛盾是指系统中单个参数存在矛盾。通过前面的问题描述将待解决的问题转化为通用问题模型，结合矛盾矩阵查询、分离原则等工具，得到解决方案。根据因果分析，爬入的虫子会造成危害的其中一个原因是格栅孔尺寸过大。

从技术矛盾层面出发，如果减小孔的尺寸，那么格栅孔面积会变小，但会导致通过格栅孔的流动空气数量变少，矛盾矩阵表查询的结果见表 1。

结合抽取原理，得到解决方案，即将电路板从电饭煲中分离出来，外置安装，模块外置方案见图 3，将电路板作独立外置处理，这样既能解决散热问题，也可以开 3 mm 以下的防虫散热孔杜绝虫子进入。

结合不对称原理，得到解决方案，即将格栅孔改为不对称的旋风筒结构，旋风筒原理见图 4，该结构前后端孔径不同，进风格栅大口朝外，出风格栅大口朝内，通过改变孔的结构，增加进出风速度，同时小口也能防止虫子进入。

表 1 矛盾矩阵查询结果  
Tab.1 Contradiction matrix query results

改善参数	恶化参数	推荐发明原理
06-静止物体的面积	26-物质或事物的数量	2, 18, 40, 4

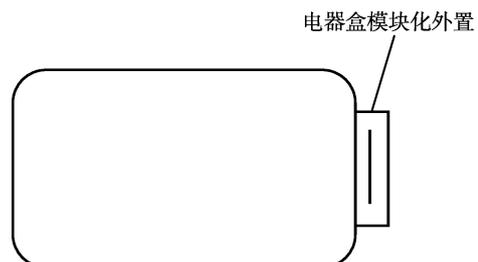


图3 模块外置方案  
Fig.3 External module scheme

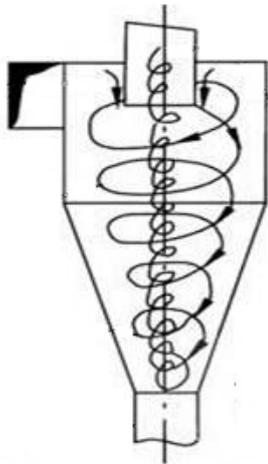


图 4 旋风筒原理

Fig.4 Schematic diagram of cyclone

从物理矛盾层面出发，则有通用问题模型：有的解决方案要求格栅孔径要大，有的又要求要小，而且还要兼顾通风量和防虫效果，这就产生了矛盾，对该矛盾采用空间分离进行求解，可以利用的发明原理有分割原理、曲面化原理、事先防范原理和动态化原理等。

结合分割原理，得到解决方案：在原有格栅的基础上，将格栅进一步分割设计，降低格栅孔径的大小，增加格栅孔的数量，杜绝虫子进入的可能（见图 5）。

结合柔性壳体和薄膜原理，得到解决方案：格栅由全密封单透膜（见图 6）代替，同时扩大单透膜格栅面积，保证通风量的同时防止虫子进入。

结合空间维数变化原理，在格栅孔线性结构基础上增加一层格栅结构，变成多层交错孔排布的结构（空间维数变化原理方案见图 7）。

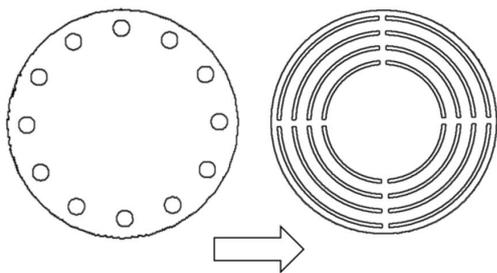


图 5 分割方案

Fig.5 Segmentation scheme

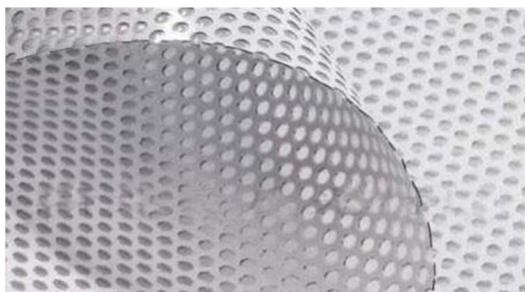


图 6 全密封单透膜

Fig.6 Fully sealed single membrane

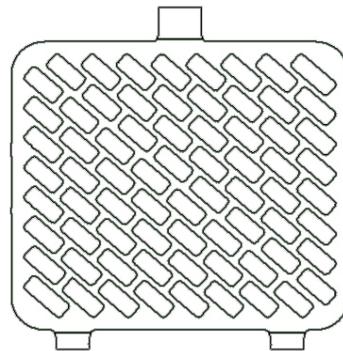


图 7 空间维数变化原理方案

Fig.7 Scheme for the principle of dimensional change in space

### 2.2 科学效应库查询

科学效应库是一种基于科学原理知识的解决问题工具，在 TRIZ 理论体系中主要罗列了可以实现技术创新中的三十种功能的一百个科学效应和现象。根据前面的问题描述，引起虫子爬入电饭煲的其中一个原因是壳体内温度高，满足虫子的生理习性，需要实现的功能为降低温度。根据功能查找效应库，发现有一级相变、二级相变、焦耳-汤姆逊效应、帕尔贴效应<sup>[9]</sup>、热电子发射等科学原理。

结合帕尔贴效应原理，见图 8，得到解决方案：采用半导体散热，无需开孔散热，便能达到目标效果。

结合磁热效应<sup>[10-11]</sup>，见图 9，得到解决方案：采用磁性材料的磁制冷进行散热，无需开孔散热，便能达到目标效果。

### 2.3 物场分析

物场模型是阿奇舒勒通过大量专利分析得到的，是指复杂的工程系统可以被拆分成多个简单的工程系统，而最简单的工程系统又可以概括为两个物质和一个场之间的相互作用联系。针对当前问题画出物场模型（见图 10），并进行分析改善（见图 11），通过引入第三个物质（即光源装置）来阻止有害作用，得到解决方案，即在电路板上方加入光源装置进行驱虫（见图 12）。

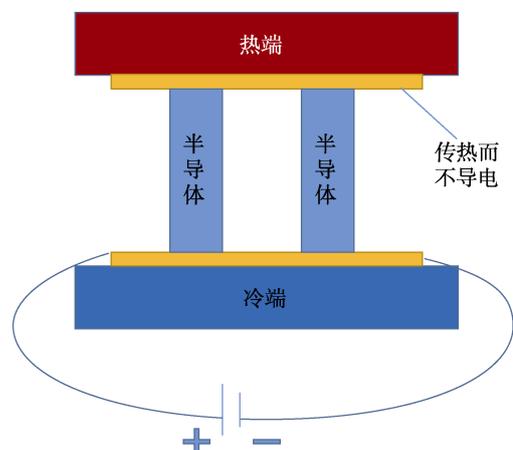


图 8 帕尔贴效应原理

Fig.8 Peltier effect principle

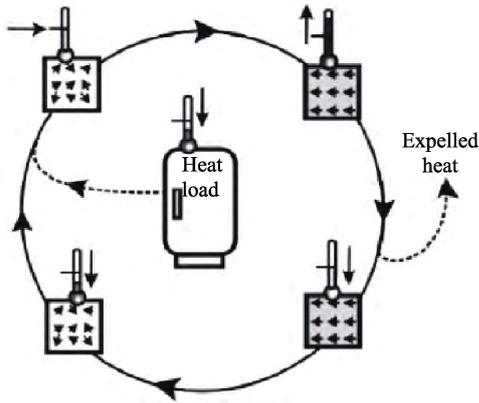


图9 磁热效应  
Fig.9 Magnetocaloric effect

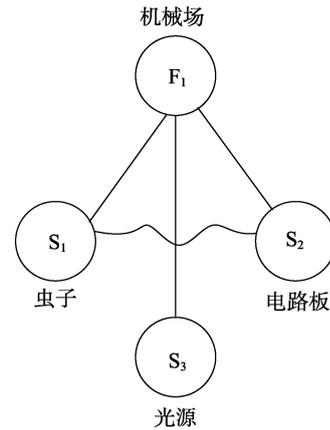


图11 物场分析改善  
Fig.11 Su-field analysis improvement

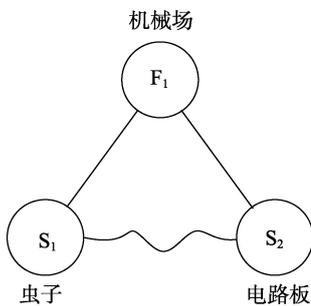


图10 物场模型  
Fig.10 Su-field model

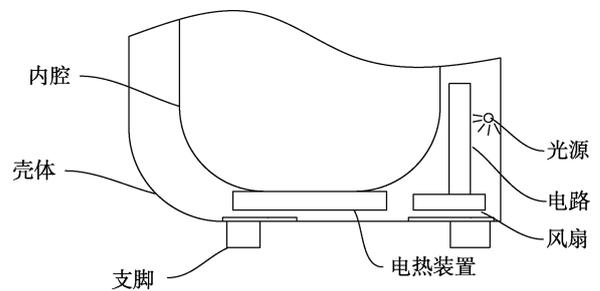


图12 光源方案  
Fig.12 The light source scheme

表2 方案矩阵分析  
Tab.2 Scheme matrix analysis

求解工具	使用原理/效应	方案	技术难度	可靠性	经济性	理想度	总分
矛盾求解	抽取原理	电路板外置	4	2	2	1	9
	不对称原理	旋风筒结构	4	3	2	1	10
	分割原理	进一步分割	4	5	4	5	18
	柔性壳体和薄膜原理	全密封单透膜代替	5	2	2	1	10
	空间维数变化原理	交错格栅孔	3	5	4	5	17
科学效应库	帕尔贴效应	半导体散热	4	2	3	2	11
	磁热效应	磁制冷	3	1	3	1	8
物场分析	1.2.1 引入外部物质	光源驱虫	4	5	4	5	18

2.4 方案汇总

通过矛盾分析、科学效应库、物场分析和进化分析等 TRIZ 工具的使用, 针对电饭煲进虫问题得到多个解决方案, 并根据技术难度、可靠性、理想度、经济性等维度对方案进行评价, 方案矩阵分析见表 2。

2.5 方案验证

通过以上 TRIZ 理论的分析及解决方案的产生, 利用有限元分析模拟实际样机强度实验, 对格栅结构目标位置施加 20 N 的集中载荷, 其中多小孔格栅结构方案有限元分析结果见图 13, 有限元计算结果为 0.3828 mm, 与原结构仿真结果 (见图 14) 对比, 有限元计算结果为 0.8374, 满足初步验证要求。

2.6 知识管理

在课题攻关过程中, 通过 TRIZ 产生的方案数量较多, 但在不断迭代的设计流中, 若不对所有创新方案加以管理, 将造成知识浪费, 令其散乱失序、交接脱节<sup>[12]</sup>, 不利于企业价值流的发展。这里结合 TRIZ 的功能导向搜索, 对问题的关键功能进行一般化描述, 结合企业内部数据平台, 在产品迭代或者其他类型产品研发过程中进行直接查询运用。对电饭煲防虫课题中的关键问题进行一般化描述, 即描述为阻挡外部物质进入, 未来在电磁炉产品开发中遇到如何实现阻挡外部物质进入的问题时, 通过数据库得到查询结果 (见表 3), 便可直接得到解决方案及其具体的数据参考、使用情况, 进而提升产品研发价值流。

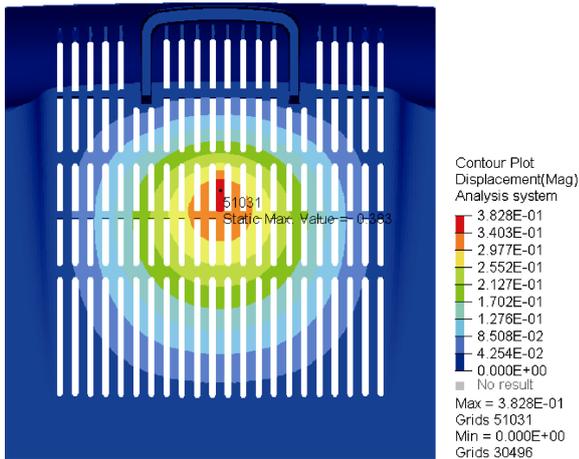


图 13 新方案有限元分析结果

Fig.13 Results of the new scheme's finite element analysis

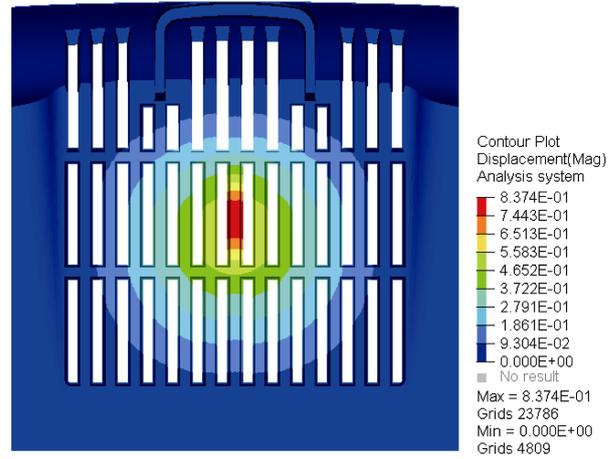
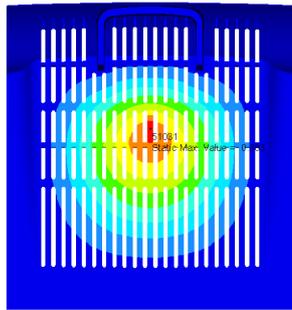


图 14 原结构有限元分析结果

Fig.14 Results of the original structure's finite element analysis

表 3 查询结果  
Tab.3 Query results

实现功能	解决领域	解决手段	解决方案	评分	突破状态	证明材料	备注
阻挡外部物质进入	电饭煲	分割原理	进一步分割	18	有限元分析满足验证要求		结果为 0.3828 mm
...	...	...	...	...	...	...	...

### 3 结语

过去工程师在有限的项目周期内开展工作时，往往依赖自身的设计经验以及内部已有资源，但遇到电饭煲防虫这类模糊的问题时，凭借惯性思维得到的解决方案已经无法满足项目要求。而通过 TRIZ 理论，可以在概念设计阶段追溯问题发生的根本，对研究系统进行准确的对标分析，在具体方案设计阶段对问题进行技术突破。目前，对于 TRIZ 理论在实际项目中的应用还有待深入探索，其中产生的创意方案存在被浪费的现象，知识管理的介入将有助于知识的这一战略资源的可持续发展。

#### 参考文献：

[1] 赵敏. TRIZ 进阶及实战：大道至简的发明方法[M]. 北京：机械工业出版社，2016.  
ZHAO Min. TRIZ Advanced and Practical: The Invention Method of Avenue to Jane[M]. Beijing: Mechanical Industry Press, 2016.

[2] 孙永伟. TIRZ: 打开创新之门的金钥匙 I[M]. 北京：

科学出版社，2015.

SUN Yong-wei. TIRZ: The Golden Key to Opening the Door of Innovation I [M]. Beijing: Science Press, 2015.

[3] ALTSHULLER G S. Algorithm of Invention [M]. Moscow: Moscovskiy Rabochy, 1973.

[4] 杨清亮. 发明是这样诞生的——TRIZ 理论全接触[M]. 北京：机械工业出版社，2009.  
YANG Qing-liang . The Invention was Born in this Way, the Full Contact of TRIZ Theory [M]. Beijing: Mechanical Industry Press, 2009.

[5] 卢希美, 张付英, 张青青. 基于 TRIZ 理论和功能分析的产品创新设计[J]. 机械设计与制造, 2010(12): 255-257.  
LU Xi-mei, ZHANG Fu-ying, ZHANG Qing-qing. Product Innovation Design Based on TRIZ Theory and Functional Analysis[J]. Mechanical Design & Manufacturing, 2010(12): 255-257.

[6] 张简一, 郭艳玲, 杨树财, 等. 基于 TRIZ 理论的产品创新设计[J]. 机械设计, 2009, 26(2): 35-37.  
ZHANG Jian-yi, GUO Yan-ling, YANG Shu-cai, et al. Product Innovation Design Based on TRIZ Theory[J]. Mechanical Design, 2009, 26(2): 35-37.

[7] 彭慧娟, 成思源, 李苏洋, 等. TRIZ 的理论体系研究综述[J]. 机械设计与制造, 2013(10): 270-272.

- PENG Hui-juan, CHENG Si-yuan, LI Su-yang, et al. Review of TRIZ's Theoretical System Research[J]. Mechanical Design and Manufacturing, 2013 (10): 270-272.
- [8] 余向华, 管鸿巧. 蟑螂种群分布及季节消长监测分析[J]. 中华卫生杀虫药械, 2009(2): 134-136.
- YU Xiang-hua, GUAN Hong-qiao. Monitoring and Analysis of Alfalfa Population Distribution and Seasonal Growth and Decline[J]. Zhonghua Hygienic Insecticides, 2009(2): 134-136.
- [9] 卢菡涵. 半导体制冷性能及恒温控制的研究[D]. 太原: 太原科技大学, 2013.
- LU Yi-han. Study on Semiconductor Refrigeration Performance and Constant Temperature Control[D]. Taiyuan: Taiyuan University of Science and Technology, 2013.
- [10] 吴业正. 制冷与低温技术原理[M]. 北京: 高等教育出版社, 2004.
- WU Ye-zheng. Principles of Refrigeration and Low Temperature Technology[M]. Beijing: Higher Education Press, 2004.
- [11] 都有为. 磁性材料新近进展[J]. 物理, 2006(9): 730-739.
- DU You-wei. Recent Advances in Magnetic Materials[J]. Physics, 2006(9): 730-739.
- [12] 艾伦 C. 沃德. 精益产品和流程开发[M]. 北京: 机械工业出版社, 2011.
- ALLEN C W. Lean Product and Process Development[M]. Beijing: China Machine Press, 2011.

(上接第 198 页)

- LIANG Ting, MAN Zi-ni. Sustainable Way[M]. Guangzhou: South of the Five Ridges Art Publishing House, 2006.
- [2] 黎万强. 参与感: 小米口碑营销内部手册[M]. 北京: 中信出版社, 2014.
- LI Wan-qiang. Sense of Participation: Millet Word-of-Mouth Marketing Manual[M]. Beijing: CITIC Publishing House, 2014.
- [3] 腾讯公司用户研究与体验设计部. 在你身边, 为你设计[M]. 北京: 电子工业出版社, 2013.
- Tencent Inc User Research and Experience Design Department. For You, Design[M]. Beijing: Electronics Industry Press, 2013.
- [4] PAPANEK V. Design for the Real World: Human Ecology and Social Change[M]. Chicago: Chicago Review Press, 2005.
- [5] PRATT A. Interactive Design: An Introduction to the Theory and Application of User-Centered Design[M]. New York: Rockport Publishers, 1988.
- [6] 王展. 基于服务蓝图与设计体验的服务设计研究及实践[J]. 包装工程, 2015, 36(12): 41-44.
- WANG Zhan. Research and Practice of Service Design Based on Service Blueprint and Design Experience[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(12): 41-44.
- [7] 杰西·格里姆斯, 李怡淙. 服务设计与共享经济的挑战[J]. 装饰, 2017(12): 14-17.
- GRIMES J, LI Yi-cong. The Challenge of Service Design and Sharing Economy[J]. Zhuangshi, 2017(12): 14-17.
- [8] 唐林涛. 设计与工匠精神——以德国为镜[J]. 装饰, 2016(5): 23-27.
- TANG Lin-tao. The Spirit of Design and Craftsman: Take Germany as a Mirror[J]. Zhuangshi, 2016(5): 23-27.
- [9] 张曦, 胡飞. 服务设计的一般性策略流程研究[J]. 包装工程, 2018, 39(2): 42-47.
- ZHANG Xi, HU Fei. General Strategy Process Research of Service Design[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(2): 42-47.
- [10] 殷科. 基于用户的服务设计创新及其实现[J]. 包装工程, 2015, 36(2): 9-12.
- YIN Ke. Based on User Service Design Innovation and Implementation of[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(2): 9-12.