

## 辅助创意生成的卡片设计工具设计研究

王金龙, 孙炜

(北京邮电大学 工业设计系, 北京 100080)

**摘要:** **目的** 创意的生成是存在黑箱的, 因此希望设计一套卡片设计工具来帮助用户激活远距离概念, 提升想法的创新性。**方法** 邀请参与者将筛选出的创意生成技术总结成简短的设问或建议; 通过打分删除其中不符合要求的项目; 利用卡片分类法将最终保留的设问或建议划分成组合法、挑衅法、迭代法和列举法4类, 并根据此分类生成卡片设计工具。为了探究设计的有效性以及最佳使用情境, 采用了正交实验法。此外, 为了观察本设计对思维过程的影响, 还在实验中采集了被试的脑波、皮肤电反应以及面部表情数据。**结果** 使用本设计 ( $R=0.275$ ) 以及借鉴他人想法 ( $R=0.242$ ) 都能提升想法的创新性, 且设计的影响更为显著。**结论** 本设计不仅能提升个体创造力, 同时也适用于团队创新。

**关键词:** 卡片设计工具; 创意生成技术; 正交实验; 生理指标

**中图分类号:** TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2023)04-0099-08

**DOI:** 10.19554/j.cnki.1001-3563.2023.04.012

## Design of Card-based Design Tool to Assist Idea Generation

WANG Jin-long, SUN Wei

(Department of Industrial Design, Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 100080, China)

**ABSTRACT:** There is a black box for generation of ideas. The work aims to design a set of card-based design tool to help users activate long-distance concepts and enhance the creativity of ideas. First, participants were invited to summarize the idea generation techniques screened in this work into short questions or suggestions; then items that did not meet the requirements were scored out by rating; finally, the card sorting method was used to divide the final reserved questions or suggestions into four categories: combination, provocation, iteration and enumeration, and the card-based design tool was generated according to this classification. In order to explore the effectiveness of the design and the best use situation, the orthogonal experiment method was adopted. In addition, to observe the impact of the scheme on the thinking process, the brain waves, galvanic skin response and facial expression data of the subjects in the experiment were collected. Both using this design ( $R=0.275$ ) and borrowing ideas from others ( $R=0.242$ ) could improve the creativity of ideas, and the impact of the design was more significant. This design can not only enhance individual creativity, but also apply to team innovation.

**KEY WORDS:** card-based design tool; idea generation techniques; orthogonal experiment; physiological indicators

在现代商业社会中, 创造力是组织保持竞争优势的关键<sup>[1]</sup>, 许多研究都在寻求有效的方法来提高员工创造力<sup>[2-3]</sup>。作为一种物理形式的外部刺激, 卡片能够以更加便捷的形式提供激发灵感的信息和方法, 提高用户的创造力<sup>[4]</sup>。然而通过案例分析, 发现目前相关的卡片设计工具大多忽视了对用户认知技巧的启

发和训练, 且缺少对方案有效性的实验验证。此外, 目前国内对卡片设计工具的设计和研发均相对不足。通过关键词检索, 仅发现一项研究涉及到了该领域<sup>[5]</sup>。以此为背景, 开发了一套辅助创意生成的卡片设计工具, 以帮助用户掌握相关的认知技巧、提升产出想法的创新性。

收稿日期: 2022-09-14

作者简介: 王金龙 (1994—), 男, 研究生, 主攻交互设计研究。

通信作者: 孙炜 (1972—), 男, 副教授, 主要从事产品设计研究。

## 1 案例分析

卡片设计工具是一种专门服务于设计领域的卡片工具,意在使设计过程更加具象和可视化<sup>[6]</sup>。基于对155个案例的分析,Roy等<sup>[7]</sup>将卡片设计工具划分成系统设计方法和程序、以人为中心的设计、特定领域设计、创新思维和问题解决、团队建设和协作以及未来思考6类。Oblique Strategies Cards是一个典型的创新思维和问题解决类卡片设计工具,旨在通过100多条启发横向思维的建议来帮助用户生成创意<sup>[8]</sup>。IDEO method cards也被Roy和Warren归类到创新思维和问题解决类别中,然而它更多的是帮助用户形成对问题的洞察,而非生成解决问题的创意。基于此,本文的研究对象是指应用在想法生成而非移情或洞察阶段的卡片设计工具,它是创新思维和问题解决类卡片设计工具的一个子集。

基于Roy和Warren总结的40个创新思维和问题解决类卡片设计工具,将其中不符合研究主题以及无法获得详细资料的样本删除,同时补充了遗漏的和近3年的样本,最终获得了39个辅助创意生成(Assit Idea Generation, AIG)的卡片设计工具。通过关键词检索,发现在收集到的案例中仅Design Heuristics Cards进行了对照试验<sup>[4]</sup>,其余均缺少实验验证。这也从侧面说明了目前AIG卡片设计工具的开发主要依赖于设计者的感性判断,缺少客观数据的支撑。

为了挖掘AIG卡片设计工具的内在结构,对采集到的样本进行了聚类分析,聚类维度包括启发维度的多样性和新颖性以及使用方式是否结构化。根据谱系图,将聚类结果划分成如图1所示的3类:问题解决、概念拓展以及远程启发。其中,问题解决类所提供的启发维度较少也较常规,主要是通过提供某领域的信息和方法来帮助用户解决设计问题。概念拓展类所提供的启发维度相对丰富且新颖,主要旨在帮助用户围绕设计问题进行多维度思考。远程启发类所提供的启发维度最为丰富,主要是通过提供随机刺激来启发用户的横向思维。使用方式是否结构化对于聚类结

果没有显著的影响,因此不在分析之列。

根据对聚类结果的分析,发现问题解决和概念拓展类卡片设计工具在工作机制上并没有显著的区别,都是通过引入外部约束来提升用户创造力的<sup>[9-10]</sup>。这种模式的优点在于用户需要付出的认知努力较少,不需要发散就能在短时间内激活大量的新概念。而缺点在于相对静态,有限的思考维度不能帮助用户更好地应对动态的、跨领域的问题挑战。此外,Scott等<sup>[11]</sup>认为提升创造力的关键在于启发参与者发现问题、组合概念以及生成想法的认知技巧。过分依赖外部输入而忽视对用户创意技巧的启发和训练无益于提升用户内在的创造性技能和水平。远程启发类卡片设计工具是通过随机输入来启发用户灵感的,其工作机制的特点在于几乎没有维度约束。而缺少约束则意味着用户在探索问题空间时没有明确的方向,这其实是不利于问题解决的<sup>[12]</sup>。

除工作机制外,常规概念间的语义距离也是上述3类卡片设计工具的主要差异。语义距离在创造性思维中扮演着关键的角色,一个概念和目标问题之间的语义距离越远,它们之间所蕴含的创新潜力也就越大<sup>[13-14]</sup>。从这个结论出发,似乎灵感刺激越“遥远”就越能提升创造力。然而研究表明,中间距离的灵感刺激更能提升参与者的创造力,而太近或太远的灵感刺激则作用较小<sup>[15]</sup>。这是因为当语义距离过近时会诱发个体在经验框架内解决问题,无法产出新颖的想法;而当语义距离过远时,个体又很难理解概念,无法与设计问题间建立联系。

从形式特征来看,上述3类卡片设计工具绝大部分为图文结合形式,仅Oblique Strategies Cards和The House of Cards为纯文字或纯图片形式。Cardoso等<sup>[16]</sup>认为在想法生成阶段,文字形式的灵感刺激会使参与者被锚定在刺激特征上,从而导致思维灵活性下降。Borgianni等<sup>[17]</sup>则认为图片形式的灵感刺激能够使参与者探索更广泛的概念空间,从而提升思维灵活性。此外,通过实验还发现在文本刺激下,参与者产出的想法数最多;而图片维度的出现则会增加想法的稀有



图1 AIG卡片设计工具聚类结果  
Fig.1 Clustering results of AIG card-based design tools

性,但是不会影响想法的数量、质量和新颖性。总的来说,尽管卡片的形式特征对于创造力没有显著的影响,但是图片的存在有助于促进思维的灵活性。

## 2 醍醐卡设计

将设计方案命名为“醍醐卡”,意为激发用户灵感,帮助用户体验“aha”时刻。通过上述案例分析,本文挖掘了启发创意相关的认知技巧以及中等语义距离的灵感刺激两个设计要素。为了将二者进行有机融合,借鉴了外文量表的翻译方法进行设计。

### 2.1 个人创意生成技术及分类

创意生成技术是激发创造性认知过程的方法和技术<sup>[18]</sup>,在设计实践中有着广泛的应用。比如,郜红合等<sup>[19]</sup>应用 TRIZ 理论解决了公共扶手消毒装置设计中存在的问题;邓卫斌等<sup>[20]</sup>将“五感”设计应用到了成人减压玩具设计中。此外,也有大量的实验验证了创意生成技术在提升创造力方面的有效性。比如,研究发现 TRIZ 指导<sup>[21]</sup>和仿生<sup>[22]</sup>有助于提升想法的新颖性;Ritter 等<sup>[23]</sup>发现 TRIZ、静默、随机连接以及 SCAMPER 均能提升脑暴参与者的创造力等。根据内部刺激-外部刺激以及内隐加工-外显加工两个维度,Wang<sup>[24]</sup>把个人创意生成技术划分成 4 类。基于 Wang 所提出的分类以及其他研究的总结<sup>[25-31]</sup>,最终选定了如表 1 所示的个人创意生成技术。由于内部刺激及内隐加工类创意生成技术(比如思维导图、莲花构思法等)主要着眼于发现内部信息,因此不在本文的研究之列。

### 2.2 灵感刺激物设计

将创意生成技术转换成中等语义距离的灵感刺

表 1 个体创意生成技术  
Tab.1 Individual idea generation techniques

分类	创意生成技术
外部刺激及外显加工	核查表: SCAMPER、用感官检验 (Examine it with senses); 基于创意知识: TRIZ。
外部刺激及内隐加工	改变视角: 拿破仑技术、激发; 强制连接: 类比法、组合法、移植法。
内部刺激及外显加工	分析-系统技术: 列举法、SET 因素。

激是醍醐卡设计的核心。为了实现该目标,本文借鉴了外文量表的翻译方法<sup>[32-33]</sup>。具体过程如下:首先,将表 1 中提到的创意生成技术总结成简短的设问或建议(翻译);然后,邀请参与者描述对该设问或建议的理解(回译),并筛选出与参与者理解不一致的项目;对筛选出来的项目进行重新“翻译”和“回译”,直到与参与者的理解相匹配(迭代);最后,邀请参与者对最终获得的设问或建议进行打分,并根据打分结果删除其中常规的(语义距离过近)或难以理解的(语义距离过远)项目(调试)。

通过上述过程,最终确定了 27 条设问或建议,并通过卡片分类法将其划分成挑衅法、迭代法、组合法和列举法 4 类。其中,挑衅法是指挑战用户的常规视角,比如“最不满意者的诉求是什么?比如老人、婴儿、差评者”等;迭代法是指帮助用户对已有概念进行迭代,比如“常规的步骤是什么?能否颠倒?”等;组合法是指帮助用户对概念进行迁移和组合,比如“有哪些新技术?能否应用?”等;列举法是指帮助用户思考事物的内外部因素,比如“劣势是什么?能否转化成优势?”等。醍醐卡示例见图 2。



图 2 醍醐卡示例

Fig.2 Examples of ideation deck

### 3 实验设计及执行

#### 3.1 实验设计

从个体认知层面来看,创意源于对远距离概念的激活和加工<sup>[34]</sup>。作为一种中等语义距离的灵感刺激,醍醐卡能够帮助用户突破经验框架的束缚,从更加新颖的角度解决问题。因而认为在想法生成阶段提供醍醐卡作为灵感刺激有助于提升产出想法的创新性。然而创意不仅源于认知加工,也源于个体和外部环境间的交互<sup>[35]</sup>。基于对以往70项研究的元分析,Hunter<sup>[36]</sup>认为人际间的观点交流是创新氛围中最为重要的方面。头脑风暴及其变式就是通过鼓励观点的交流和碰撞来提升参与者创造力的<sup>[37-38]</sup>。而笔者认为在想法生成阶段借鉴他人的想法也有助于提升产出想法的创新性。综上,作出如下的研究假设:

**假设 1:** 在想法生成阶段提供醍醐卡作为灵感刺激能够提升想法的创新性。

**假设 2:** 在想法生成阶段提供他人的想法作为灵感刺激能够提升想法的创新性。

创意过程往往不是单打独斗的过程,通常还伴随着与他人的交流和讨论。为了验证单独使用醍醐卡以及在与他人的交流讨论中使用醍醐卡是否都能提升想法的创新性,采用了正交实验法来进行实验。正交实验法是一种应用于多因素多水平研究的实验设计方法,能从对其结果的分析中找到因子的最优水平组合。由于本研究仅涉及醍醐卡(A)和他人想法(B)2个因素;且每个因素都仅包含2个水平,即1-提供作为灵感刺激,2-不提供作为灵感刺激。因此,为了提高实验结果的可信度,选择了 $L_8(2^7)$ 正交表来设计实验,并进行了2组平行实验。 $L_8(2^7)$ 是较为常用的正交表,其中8代表行数,即每组需要进行的实验数;7代表列数,即需要研究的因素数;2代表因子的水平数。由于仅涉及2个因素,所以需要将 $L_8(2^7)$ 正交表的后5列删除,最终得到如表2所示的实验用表。

表2 实验用表  
Tab.2 Table for experiment

实验号	醍醐卡(A)	他人想法(B)
1	提供(A <sub>1</sub> )	提供(B <sub>1</sub> )
2	提供(A <sub>1</sub> )	提供(B <sub>1</sub> )
3	提供(A <sub>1</sub> )	不提供(B <sub>2</sub> )
4	提供(A <sub>1</sub> )	不提供(B <sub>2</sub> )
5	不提供(A <sub>2</sub> )	提供(B <sub>1</sub> )
6	不提供(A <sub>2</sub> )	提供(B <sub>1</sub> )
7	不提供(A <sub>2</sub> )	不提供(B <sub>2</sub> )
8	不提供(A <sub>2</sub> )	不提供(B <sub>2</sub> )

实验在Eprime2.0平台上进行,采用个人脑暴形式,流程如图3所示:实验正式开始前会有实验指导

环节,帮助被试熟悉实验环境和操作;接着展示脑暴主题,并告知被试需要在15 min内写下至少30个解决问题的创意;该环节结束后会有120 s的休息时间,时间结束后提示被试开始脑暴;在脑暴过程中依据表2为被试展示不同的灵感刺激,比如实验号为1的被试会同时展示醍醐卡和他人想法作为灵感刺激,而实验号为8的被试则不展示任何灵感刺激,实验中用到的他人想法是在预实验环节收集的;实验每次仅会展示一条灵感刺激,被试可以点击鼠标左键进行切换。为了减少其他因素的干扰,在实验中仅展示了文本形式的灵感刺激。

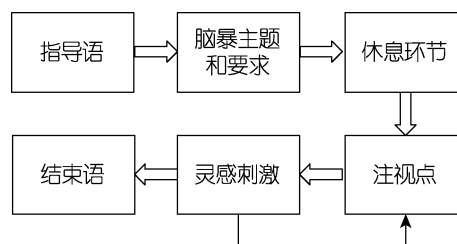


图3 实验流程图

Fig.3 Flow chart of experiment

#### 3.2 评价指标

对于想法创新性的评价是从新颖性、有效性以及可行性3个维度进行的<sup>[39-40]</sup>。其中,新颖性是指一个想法的不同寻常性和原创程度;有效性是指想法的潜在价值和有用性;可行性则是指想法在商业和技术上是否可行。为了确定创新性各子维度的权重,邀请了3名设计学研究生、1名设计专业副教授对上述维度进行了层次分析法打分,并最终获得了如表3所示的权重体系(CR=0.18,CI=0.009<0.1)。

表3 创新性子维度权重  
Tab.3 Weight of creativity's sub-dimension

维度	权重
新颖性	0.582
有效性	0.309
可行性	0.109

为了观察醍醐卡对思维过程的影响,还在实验中采集了被试的脑波、皮肤电反应及面部表情数据。Perry-Smith等<sup>[41]</sup>认为思维灵活性是想法生成阶段最主要的需求,能够帮助个体与远距离概念间建立联系。研究表明,积极的情绪对思维灵活性有促进作用<sup>[42-43]</sup>,而通过测量皮肤电反应(Galvanic Skin Response, GSR)则能了解个体的情绪唤醒水平<sup>[44]</sup>。不过通过GSR并不能确切知道什么样的情绪是积极的,因此还在实验中采集了被试的面部表情数据。除情绪外,还在实验中采集了被试的脑波数据。 $\alpha$ 波被认为跟灵感和创造力有密切的关系<sup>[45-46]</sup>,能够用来监测醍醐卡是

否能激发被试的灵感。采集上述生理数据用到的实验设备及软件包括 seced Grove-GSR 皮肤电反应传感器、Brainlink Pro 脑波仪以及 Noldus 公司开发的 FaceReader 软件。

### 3.3 实验过程

实验场景见图 4, 具体实验过程如下:

1) 邀请被试。实验共邀请 16 名设计学研究生并随机分成 2 组进行平行实验。

2) 介绍实验。介绍实验的大致流程, 并告知被试需要在 15 min 内写下至少 30 个解决问题的创意, 同时鼓励被试进行天马行空的想象以及借鉴他人的想法。

3) 佩戴及调整实验设备。首先为被试佩戴 seced Grove-GSR 传感器指套, 并通过深呼吸测试来检测模块是否正常运行。被试落座后为其佩戴和调试 Brianlink Pro 脑波仪, 然后要求被试以舒适的姿势面向屏幕并检查 FaceReader 软件是否能识别被试的面部表情。设备佩戴及检测完成后要求被试休息 5 min 以减少因佩戴设备而造成的不适。

4) 填写测试前问卷。了解被试的年龄、学历等基本情况。

5) 开始实验。依据实验正交表为被试分配实验环境, 并在实验结束后收集和整理相关数据。

6) 填写测试后问卷并进行访谈。了解被试对实验过程的满意度, 问题包括是否享受实验过程, 以及对创新表现和创新持久度是否满意等。问卷填写结束后进行简短的访谈, 了解被试对醍醐卡的看法和建议。



图 4 实验场景  
Fig.4 Experimental scene

## 4 实验结果及分析

本文邀请了 3 名设计学研究生来对被试产出想法的创新性进行评分, 并对结果取均值来作为被试总的创新性得分。此外, 由于生理数据的尺度不一致, 且在实验中存在漏采集的情况。因此, 对生理数据进

行归一化处理(极差变换法), 并对缺失值进行均值插补。

### 4.1 创新性分析

通过表 4 可知, 醍醐卡以及他人想法两个因素均对想法创新性有显著影响, 且醍醐卡的影响更为显著。通过进一步的极差分析发现, 使用醍醐卡 ( $R=0.275$ ) 以及借鉴他人想法 ( $R=0.242$ ) 对想法的创新性是有正向作用的, 该结果也说明了提升个体创造力的最优方法是在使用醍醐卡的同时借鉴他人的想法。

表 4 实验结果的多因素方差分析  
Tab.4 Multivariate analysis of variance of experimental results

因素	平方和	df	均方	F	p
截距	104.714	1	104.714	7 713.382	0.000**
醍醐卡	0.151	1	0.151	11.147	0.021*
他人想法	0.118	1	0.118	8.661	0.032*
残差	0.068	5	0.014		

注: \*表示  $p < 0.05$ ; \*\*表示  $p < 0.01$ 。

上述结论验证了假设 1 和假设 2, 即提供醍醐卡和他人想法作为灵感刺激能够提升被试产出想法的创新性。通过对创新性各子维度的进一步分析, 发现醍醐卡对想法的新颖性 ( $P=0.049^*$ ) 有显著的提升效果, 而对可行性和有效性则影响不大。该结果似乎说明了醍醐卡能够帮助用户激活远距离概念, 但是这一推论仍需要通过对被试思维过程的观察来验证。

### 4.2 生理数据分析

由于创意的生成是相对黑箱的, 无法确切地知道个体在认知层面是如何思考的, 所以选择了情绪(包括 GSR 和面部表情)和脑波两个生理指标来对思维过程进行观察。提取了醍醐卡呈现后 2 s 内及其他时间段内的生理数据进行方差分析, 结果显示卡片呈现后被试大脑中的低频  $\alpha$  波占比 ( $P=0.001^{**}$ ) 以及 GSR 水平 ( $P=0.000^{**}$ ) 均有显著提升, 且面部表情也更加积极。该结果说明了使用醍醐卡不仅可以促进思维灵活性, 同时也有助于激发灵感。该结果也从侧面印证了醍醐卡的工作机制, 即通过激活远距离概念来提升用户产出想法的新颖性。

本文还分析了不同类型的卡片对被试思维过程的影响。结果显示, 迭代法相关卡片虽然能够提升被试的 GSR 水平, 但是呈现后被试大脑中的低频  $\alpha$  波占比要低于无刺激时的水平, 显示迭代法相关卡片可能不适合在个人脑暴中使用。此外, 组合法相关卡片在提升被试大脑中的低频  $\alpha$  波占比以及情绪水平 (Valence) 方面都要优于其他类型卡片, 能够更好地提升用户创造力。

表5 不同类型卡片刺激的方差分析结果  
Tab.5 Anova results for different types of card stimuli

	无刺激(n=51)	列举法(n=24)	迭代法(n=16)	挑衅法(n=15)	组合法(n=8)	F	P
低频 $\alpha$ 波 (%)	0.041±0.039	0.066±0.086	0.039±0.035	0.052±0.040	0.091±0.126	4.764	0.000**
高频 $\alpha$ 波 (%)	0.027±0.031	0.030±0.027	0.019±0.018	0.036±0.030	0.023±0.015	0.574	0.72
GSR	0.309±0.244	0.620±0.299	0.497±0.362	0.391±0.349	0.443±0.228	11.069	0.000**
Valence	0.412±0.211	0.380±0.198	0.428±0.219	0.447±0.165	0.575±0.237	1.199	0.307

注: \*表示  $p < 0.05$ ; \*\*表示  $p < 0.01$ 。

## 5 醍醐卡应用实践

为了验证醍醐卡在设计实践中的适用性,组织了一场线下头脑风暴,主题是“帮助医护人员给儿童打针”。14岁以下儿童的认知和自控能力有限,在打针时可能会产生强烈的情绪反应,给医护人员的工作带来不便。要求参与者利用醍醐卡来产生解决该问题的创意,并在 brainstorm 结束后绘制最终方案的草图。

brainstorm 过程一共产生了6个想法,包括针筒玩具设计,即将针筒设计成可组装的趣味玩具,通过动手过程来缓解儿童对针筒的恐惧以及等待打针的焦虑;儿童发泄室设计,即设计一个专门的发泄室,让儿童在打针前就将负面情绪宣泄出来;无痛针头设计,即通过许多细小针头的组合来缓解儿童打针时的痛感等。 brainstorm 小组最终确定的解决方案是如图5所示的“发射宇航员” app 设计,其灵感来源于列举法中的缺点逆用卡片。一般认为,儿童哭闹是一种负面行为,需要通过安抚或批评来制止。而“发射宇航员” app 则扭转了这一观点,认为相关行为是自然且合理的:当儿童哭闹的时候,家长或医护人员可以打开 app,并告知儿童可以通过声音的“能量”将 app 中的宇航员送入太空。这种方式不仅可以给儿童带来积极的行为反馈,同时也能通过游戏化的方法引导儿童正确地宣泄情绪。



图5 实践案例  
Fig.5 Practical case

brainstorm 结束后,还邀请参与者填写了一份评价醍醐卡的问卷,并进行了简短的访谈。根据问卷结果,得

到了如图6所示的雷达图。该图显示,参与者对醍醐卡的启发性、易理解性和有效性是相对满意的,同时认为使用醍醐卡能够帮助他们从比较新颖的角度思考问题。此外,通过观察 brainstorm 过程,发现参与者对醍醐卡的依赖性存在差异:有些参与者会频繁地使用醍醐卡,而有些参与者则很少使用。目前醍醐卡没有提供明确的使用指南,这可能导致了部分参与者对卡片的使用不够充分。

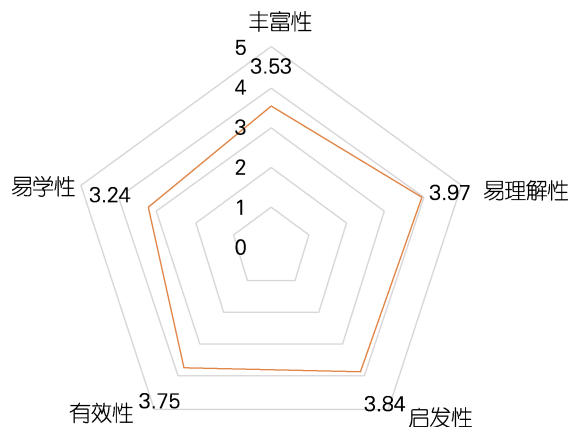


图6 醍醐卡评分  
Fig.6 Scores of ideation deck

## 6 结语

本文设计了一套辅助创意生成的卡片设计工具,并将其命名为“醍醐卡”。通过实验,发现使用醍醐卡能够帮助被试激活远距离概念,提升想法的创新性。本文还对不同类型卡片的有效性进行了分析,结果显示组合法相关卡片更能激发灵感、促进思维的灵活性,而迭代法相关卡片则表现较差。然而,在应用醍醐卡的过程中,发现部分参与者对醍醐卡的使用并不充分,推测是缺少使用指南导致的。该问题也说明了目前醍醐卡的设计并不完备,仍需在不断的探索和实践持续迭代。

### 参考文献:

- [1] FERREIRA J, COELHO A, MOUTINHO L. Dynamic Capabilities, Creativity and Innovation Capability and

- Their Impact on Competitive Advantage and Firm Performance: The Moderating Role of Entrepreneurial Orientation[J]. *Technovation*, 2020, 92-93: 102061.
- [2] ZHU Yu-qian, GARDNER D G, CHEN H G. Relationships between Work Team Climate, Individual Motivation, and Creativity[J]. *Journal of Management*, 2018, 44(5): 2094-2115.
- [3] KOH D, LEE K, JOSHI K. Transformational Leadership and Creativity: A Meta-Analytic Review and Identification of an Integrated Model[J]. *Journal of Organizational Behavior*, 2019, 40(6): 625-650.
- [4] DALY S R, CHRISTIAN J L, YILMAZ S, et al. Assessing Design Heuristics for Idea Generation in an Introductory Engineering Course[J]. *The International Journal of Engineering Education*, 2012, 28(2): 463-473.
- [5] 张宁宁, 刘宣慧, 袁浩. 数字服务设计技术的开放式卡片分类研究[J]. *包装工程*, 2018, 39(20): 186-190.  
ZHANG Ning-ning, LIU Xuan-hui, YUAN Hao. Digital Service Design Techniques Based on Open Card Sorting[J]. *Packaging Engineering*, 2018, 39(20): 186-190.
- [6] WÖLFEL C, MERRITT T. Method Card Design Dimensions: A Survey of Card-Based Design Tools[C]//IFIP Conference on Human-Computer Interaction. Berlin, Heidelberg: Springer, 2013: 479-486.
- [7] ROY R, WARREN J P. Card-Based Design Tools: A Review and Analysis of 155 Card Decks for Designers and Designing[J]. *Design Studies*, 2019, 63: 125-154.
- [8] ENO B, SCHMIDT P. Oblique Strategies Cards[M]. Random card generator at, 1975.
- [9] ONARHEIM B. Creativity from Constraints in Engineering Design: Lessons Learned at Coloplast[J]. *Journal of Engineering Design*, 2012, 23(4): 323-336.
- [10] STOKES P P D. Creativity from Constraints: The Psychology of Breakthrough[M]. New York City: Springer Publishing Company, 2005
- [11] SCOTT G, LERITZ L E, MUMFORD M D. The Effectiveness of Creativity Training: A Quantitative Review[J]. *Creativity Research Journal*, 2004, 16(4): 361-388.
- [12] HAUGHT-TROMP C. The Green Eggs and Ham Hypothesis: How Constraints Facilitate Creativity[J]. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, 2017, 11(1): 10-17.
- [13] KENETT Y N. What can Quantitative Measures of Semantic Distance Tell us about Creativity?[J]. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 2019, 27: 11-16.
- [14] BEATY R E, JOHNSON D R. Automating Creativity Assessment with *SemDis*: An Open Platform for Computing Semantic Distance[J]. *Behavior Research Methods*, 2021, 53(2): 757-780.
- [15] GONÇALVES M, CARDOSO C, BADKE-SCHAUB P. Inspiration Peak: Exploring the Semantic Distance between Design Problem and Textual Inspirational Stimuli[J]. *International Journal of Design Creativity and Innovation*, 2013, 1(4): 215-232.
- [16] CARDOSO C, GONÇALVES M, BADKE S P. Searching for Inspiration during Idea Generation: Pictures or Words?[C]//DS 70: Proceedings of DESIGN 2012, the 12th International Design Conference, Dubrovnik, Croatia. 2012.
- [17] BORGIANNI Y, MACCIONI L, FIORINESCHI L, et al. Forms of Stimuli and Their Effects on Idea Generation in Terms of Creativity Metrics and Non-Obviousness[J]. *International Journal of Design Creativity and Innovation*, 2020, 8(3): 147-164.
- [18] HERRING S R, JONES B R, BAILEY B P. Idea Generation Techniques among Creative Professionals[C]//2009 42nd Hawaii International Conference on System Sciences. Waikoloa, HI, USA. IEEE, 2009: 1-10.
- [19] 郜红合, 曾旭, 赵谦. 基于TRIZ理论的公共扶手消毒装置设计[J]. *包装工程*, 2021, 42(18): 333-340.  
GAO Hong-he, ZENG Xu, ZHAO Qian. Design of Public Handrail Disinfection Device Based on TRIZ Theory[J]. *Packaging Engineering*, 2021, 42(18): 333-340.
- [20] 邓卫斌, 刘逸群. 基于“五感”体验的成年人减压玩具设计研究[J]. *包装工程*, 2021, 42(16): 94-102.  
DENG Wei-bin, LIU Yi-qun. Adult Decompression Toys Design Based on "Five-Senses" Experience[J]. *Packaging Engineering*, 2021, 42(16): 94-102.
- [21] DUMAS D, SCHMIDT L. Relational Reasoning as Predictor for Engineering Ideation Success Using TRIZ[J]. *Journal of Engineering Design*, 2015, 26(1-3): 74-88.
- [22] KENNEDY E B, MILLER D J, NIEWIAROWSKI P H. Industrial and Biological Analogies Used Creatively by Business Professionals[J]. *Creativity Research Journal*, 2018, 30(1): 54-66.
- [23] RITTER S M, MOSTERT N M. How to Facilitate a Brainstorming Session: The Effect of Idea Generation Techniques and of Group Brainstorm after Individual Brainstorm[J]. *Creative Industries Journal*, 2018, 11(3): 263-277.
- [24] WANG Kai. Towards a Taxonomy of Idea Generation Techniques[J]. *Foundations of Management*, 2019, 11(1): 65-80.
- [25] SMITH G F. Idea-Generation Techniques: A Formulary of Active Ingredients[J]. *The Journal of Creative Behavior*, 1998, 32(2): 107-134.
- [26] 周道生, 陶晓春. 实用创造学[M]. 南京: 南京师范大学出版社, 2000.  
ZHOU Dao-sheng, TAO Xiao-chun. Practical Creativity[M]. Nanjing: Nanjing Normal University Press, 2000.
- [27] HIGGINS J M. 101 Creative Problem Solving Techniques: The Handbook of New Ideas for Business[M]. Winter Park: New Management Publishing Company, 1994.
- [28] KIRJAVAINEN S, HÖLTTÄ-OTTO K. Deconstruction of Idea Generation Methods into a Framework of Creativity Mechanisms[J]. *Journal of Mechanical Design*,

- 2021, 143(3): 031401.
- [29] SERRAT O. The SCAMPER Technique[M]// Knowledge Solutions. Singapore: Springer, 2017: 311-314.
- [30] ALTSHULLER G, CLARKE D W. 40 Principles: TRIZ Keys to Innovation [Extended Edition][M]. Worcester: Technical Innovation Center, Inc., 2005
- [31] DE B E. Serious creativity[J]. The Journal for Quality and Participation, 1995, 18(5): 12.
- [32] 鲁乔丹, 沈晴虹, 刘清波, 等. 社交媒体能力量表的汉化及信效度检验[J]. 护理研究, 2021, 35(11): 1892-1898.  
LU Qiao-dan, SHEN Qing-hong, LIU Qing-bo, et al. Chinese Version of Social Media Competency Inventory and Its Reliability and Validity Test[J]. Chinese Nursing Research, 2021, 35(11): 1892-1898.
- [33] NIJSTAD B A, STROEBE W. How the Group Affects the Mind: A Cognitive Model of Idea Generation in Groups[J]. Personality and Social Psychology Review: an Official Journal of the Society for Personality and Social Psychology, Inc, 2006, 10(3): 186-213.
- [34] HUNTER S T, BEDELL K E, MUMFORD M D. Dimensions of Creative Climate: A General Taxonomy[J]. The International Journal of Creativity & Problem Solving, 2005, 15(2): 97-116.
- [35] HUNTER S T, BEDELL K E, MUMFORD M D. Climate for Creativity: A Quantitative Review[J]. Creativity Research Journal, 2007, 19(1): 69-90.
- [36] TSAI M N, LIAO Yu-fan, CHANG Yu-lin, et al. A Brainstorming Flipped Classroom Approach for Improving Students' Learning Performance, Motivation, Teacher-Student Interaction and Creativity in a Civics Education Class[J]. Thinking Skills and Creativity, 2020, 38: 100747.
- [37] HSU C C, WANG T I, LIN Ke-jie, et al. The Effects of Fusing 635 Brainstorming and C-Sketch Methods on the Creativity of Industrial Design[C]//2017 IEEE 17th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT). Timisoara, Romania. IEEE, 2017: 189-193.
- [38] RUNCO M A, JAEGER G J. The Standard Definition of Creativity[J]. Creativity Research Journal, 2012, 24(1): 92-96.
- [39] COOPER A. About Face 4: 交互设计精髓[M]. 北京: 电子工业出版社, 2020.  
COOPER A. About Face 4: Interaction Design[M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2020.
- [40] PERRY-SMITH J E, MANNUCCI P V. From Creativity to Innovation: The Social Network Drivers of the Four Phases of the Idea Journey[J]. Academy of Management Review, 2017, 42(1): 53-79.
- [41] ROWE G, HIRSH J B, ANDERSON A K. Positive Affect Increases the Breadth of Attentional Selection[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2007, 104(1): 383-388.
- [42] HIRT E R, DEVERS E E, MCCREA S M. I Want to be Creative: Exploring the Role of Hedonic Contingency Theory in the Positive Mood-Cognitive Flexibility Link[J]. Journal of Personality and Social Psychology, 2008, 94(2): 214-230.
- [43] LAI C F, LAI Y H, HWANG R H, et al. Physiological Signals Anticipatory Computing for Individual Emotional State and Creativity Thinking[J]. Computers in Human Behavior, 2019, 101: 450-456.
- [44] STEVENS C E Jr, ZABELINA D L. Creativity Comes in Waves: An EEG-Focused Exploration of the Creative Brain[J]. Current Opinion in Behavioral Sciences, 2019, 27: 154-162.
- [45] FINK A, GRABNER R H, BENEDEK M, et al. The Creative Brain: Investigation of Brain Activity during Creative Problem Solving by Means of EEG and fMRI[J]. Human Brain Mapping, 2009, 30(3): 734-748.

责任编辑: 马梦遥