

# 设计思维视角下的设计问题复杂性探究

罗建平<sup>1</sup>, 蔡军<sup>2</sup>, 李潭秋<sup>3</sup>

(1.湖南大学, 长沙 410082; 2.清华大学, 北京 100114,  
3.中国航天员科研训练中心人因工程重点实验室, 北京 100094)

**摘要:** **目的** 提出一种视角来梳理设计问题的复杂性的理论来源和设计思维的内涵与外延, 以此为基础来诠释复杂设计问题与设计思维之间的关系。**方法** 运用文献研究、案例研究、类比分析作为主要的研究方法。首先通过文献研究从历史语境梳理了复杂设计问题与设计思维的理论发展脉络; 然后通过案例研究来解释了面对超出任何单一学科认知和资源限制的复杂问题时, 设计思维的整合特性和创新特性可以提供更多可能性的解决方案, 而这种系统性的解决方案不是某些局部的技术突破所能取代的; 最后, 通过类比分析, 在现实语境中辨析作为人类创造性思维的主要构成形式的科学思维、艺术思维、工程思维和设计思维之间的差异性和关联性, 以多维的视角阐述设计思维的跨学科整合和创新特性。**结论** 综合多视角的观点证明: 设计问题的复杂性体现在多学科交叉性和人的行为和感性因素的不确定性两个方面; 面对设计问题的复杂性, 设计创新实践是一个运用设计思维解决复杂问题的系统过程; 设计思维的整合特性为消除学科之间的鸿沟、促进跨学科融合以及定义人的因素的不确定性提供了一种新的路径和方法。

**关键词:** 设计思维; 复杂问题; 解题理论; 工程思维

**中图分类号:** TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2021)14-0132-07

**DOI:** 10.19554/j.cnki.1001-3563.2021.14.015

## Complexity of Design Problems from the Perspective of Design Thinking

LUO Jian-ping<sup>1</sup>, CAI Jun<sup>2</sup>, LI Tan-qiu<sup>3</sup>

(1.Hunan University, Changsha 410082, China; 2.Tsinghua University, Beijing 100114, China; 3.National Key Laboratory of Human Factors Engineering, China Astronaut Research and Training Center, Beijing 100114, China)

**ABSTRACT:** This paper puts forward a perspective to sort out the theoretical source of the complexity of design problems and the connotation and extension of design thinking, and on this basis to interpret the relationship between complex design problems and design thinking. Literature research, case studies, and analogy analysis methods are used for research analysis. First of all, by using the method of literature research, the development context between the complex design problem and the theory of design thinking is sorted out from the historical context. Then, through the case study, it explains that the integration and innovation features of design thinking can provide more possible solutions when faced with complex problems beyond the cognitive and resource constraints of any single discipline, and this systematic solution cannot be replaced by some local technological breakthroughs. In the end, by using the method of analogy analysis, the differences and correlations among scientific thinking, artistic thinking, engineering thinking, and design thinking, which are the main forms of human creative thinking, are analyzed in the real context. The interdisciplinary integration and innovation characteristics of design thinking are expounded from a multi-dimensional perspective. According to the viewpoint of comprehensive and multi-perspective, it is proved that the complexity of design problem is reflected in two aspects: one is the interdisciplinary nature, the other is the uncertainty of human behavior and perceptual factors; in the face of the complexity of design problems, design innovation practice is a systematic process to solve complex problems by

收稿日期: 2021-06-12

基金项目: 人因工程重点实验室开放课题基金(20181450148)

作者简介: 罗建平(1982—), 男, 湖南人, 湖南大学助理教授, 主要研究方向为设计战略与管理。

通信作者: 蔡军(1955—), 男, 四川人, 清华大学教授、博士生导师, 主要研究方向为设计战略与设计管理。

using design thinking. The integration characteristics of design thinking provide a new path and method for eliminating the gap between disciplines, promoting interdisciplinary integration, and defining uncertainty of human factors.

**KEY WORDS:** design thinking; design problems; problem solving theory; engineering thinking

当今时代,学科和系统的边界日益模糊化<sup>[1]</sup>,设计所面临的问题从单一的产品问题到系统问题,再到现在变成跨学科的综合问题<sup>[2]</sup>,设计创新实践已经转变为系统性的,基于复杂问题的研究和解题的过程,这个过程需要运用设计思维来理解和掌握问题定义、创新机会发现、资源整合等系统的整合能力<sup>[3]</sup>。因此,设计思维已经从一种专业技能演变为跨学科语境下的整合性创新的范式和方法论<sup>[4]</sup>,它已经不再专属于某一个学科。本文主要探讨复杂设计问题和设计思维这两个核心概念,目的是希望能通过多个视角来探讨复杂设计问题是什么,以及设计思维是什么,来回答复杂设计问题与设计思维之间是什么关系的问题。复杂问题与设计思维是设计研究领域被长期探讨的重要议题<sup>[5]</sup>,厘清两者之间的内在联系是运用设计思维解决复杂设计问题的基础。

本文运用文献研究<sup>[6]</sup>、类比分析<sup>[7]</sup>和案例研究<sup>[8]</sup>的方法,结合历史和现实语境,从跨学科创新、社会科学和造物实践的视角,通过类比作为人类创造性思维的主要构成形式<sup>[9]</sup>的科学思维、艺术思维、工程思维和设计思维之间的差异性和关联性,阐述了设计思维的内涵、外延特征和在现实语境中的定位;并从造物实践的视角,提出了设计思维对于消除学科之间的鸿沟、促进跨学科融合解决复杂问题的意义和价值。本文对于设计的研究者、实践者以及相关领域的开放式创新实践者具有积极的参考价值。

## 1 历史语境下的设计问题与设计思维

从历史语境来看:解决问题是设计的一种本质属性<sup>[10]</sup>。赵江洪等学者认为“创造性解决问题是设计实践活动的核心驱动力之源”<sup>[11]</sup>。“设计问题”是一个动态的概念,它随着社会、技术、人的需求等因素的发展,由单一性朝多维度的复杂系统化发展<sup>[12]</sup>。设计思维的提出标志着设计领域的学者们开始将研究的关注点从单一产品和技术的层面转向系统和战略层面<sup>[5]</sup>。

在20世纪60年代,赫尔伯特·西蒙(Herbert Alexander Simon)等学者提出了“设计问题”概念,将问题分为良构问题(Well-defined Problem)和弱构问题(III-Structured Problem),并发展出了通用的问题求解理论(Problem Solving Theory)<sup>[13]</sup>。霍斯特·里特尔(Horst Rittel)和马尔文·韦伯(Melvin Webber)从社会学的角度在西蒙问题理论的基础上提出了弱构问题的极端形式——棘手问题(Wicked Problem)的概念<sup>[14]</sup>,里特尔认为:“设计师解决的大多数问题都是棘手问题。”奈吉尔·克洛斯(Nigel Cross)等

学者从设计实践角度提出了设计师式的思维方式<sup>[15]</sup>。理查德·布坎南(Richard Buchanan)、肯·弗莱德曼(Ken Friedman)等则从设计教育和跨学科的视角阐述了设计思维与设计问题求解之间的关系<sup>[16-17]</sup>。劳伦斯(Lawrence W. Barsalou)从设计的视角解析了霍斯特·里特尔所提出的棘手问题特性,总结出棘手问题所包含的3个条件:(1)界限,个人认知和资源的有限性,而所面对的问题具有无限的特征;(2)复杂性,世界的这种复杂系统性质在这里有两种相关的一般后果,即行动与结果之间无法严格对应以及行动的进程的结果难以预测;(3)规范,人们的价值观和规范存在差异容易发生冲突,但是价值观和规范与定义问题和解决问题关系紧密。劳伦斯认为,设计思维是以解决方案和求解行动为目的,以需求为基础,并与创造性的行动、设计者的感性、技术的可行性、情感的满足和建设性的结果相联系<sup>[18]</sup>。

综上所述,设计问题的复杂性体现在两个方面:

(1)问题构成要素呈多学科交叉的复杂系统特征,超越个人或者某一学科的认知和资源极限;(2)人的行为和感性因素的不可预估性和不可靠性。认知科学对问题的分类原则和解题理论根植于科学理性,对于良性问题的求解具有高可靠性和高效率的优势,但是对于无法被完全结构化的棘手问题却显得不足。西蒙、里特尔等学者们的研究结论仅仅是描述了棘手问题的特征而并没有提出解决棘手问题的策略与行动方案。人们应该以什么样的思维策略和方法来面对棘手问题呢?布鲁斯·阿彻(Bruce Archer)提出的“系统设计理论”<sup>[19]</sup>、理查德·布坎南等学者提出的以设计思维来应对不确定性问题的观点以及罗杰·马丁所提倡的运用整合性思维方式在事物的复杂的关联性中寻找创新解决方案的观点给了人们启示和方向指引。

## 2 现实语境下的设计问题与设计思维

人类正面临越来越多的复杂问题,甚至是棘手问题。2020年暴发的新型冠状病毒肺炎疫情成为了全球性的灾难。为了应对这个超越任何单一组织认知和资源极限的灾难性“棘手问题”,全社会进入由防控救治目标驱动的、由政府主导和干预的、全民积极参与的对抗疫情的整合创新模式,所有的资源都以问题为导向进行整合聚集再重新分配,这种模式充分吸收和发挥了全社会的自主性和创造力。本文分析发现,尽管新冠病毒疫情的问题纷繁复杂,但所有的问题要素之间都存在关联性;同时,问题所涉及的利益相关者,即政府、医疗机构、医学科研攻关部门以及民众

所面临的不同种类的问题存在不同程度的重叠性。事实证明，这些关联和重叠之处正是问题聚集之处，也是创造性解决问题的机会所在，基于系统性整合的创造性思维在对抗疫情的过程中发挥了重要作用。例如两周时间内16个方舱医院13000张病床的快速设计、快速建造以及投入使用彻底解决了床位严重不足的问题就是典型的例子。这些在历史上前所未有的创造性解决方案，不是源于某项技术的突破，而是来源于针对复杂问题的整合性思考，从社会需求、医疗保障、建造技术、人员配置等方面进行了超大规模的高效率资源重组与整合创新。回顾整个过程中，信息顺畅清晰沟通是跨组织协作的关键因素；问题解决路径选择体现设计思维的创造性特征；解决方案设计则体现了设计思维基于现有资源的解构与建构特性整合特性。新型冠状病毒肺炎疫情的复杂性与创新性解决方案示例见图1。

### 2.1 设计思维是解决复杂设计问题的整合性创新方法

设计思维 (Design Thinking) 的雏形源自西蒙提出的设计与科学的思考方式的差异辨析，他认为科学是以研究事物“是什么”为导向的，而设计则是以探讨解决方案的“可能性”为导向的。

从现实语境来看，设计思维是跨学科整合式创新实践的方法论和创新范式。面对复杂问题，如何跨越学科之间、个人或组织之间的认知差异所形成的创新鸿沟是跨学科整合创新和复杂设计问题求解的关键。对于复杂问题，罗杰·马丁 (Roger Martin) 等学者认为创新源于复杂问题组成要素的内在联系，因此不要回避复杂。罗杰·马丁从设计思维的整合特性来诠释其在解决复杂问题方面的优势——通过整合创造出新的整体性的问题求解路径<sup>[20]</sup>；以英国设计委员会 (UK Design Council)、IDEO、斯坦福大学 D-School 等为代表的机构通过实践探索，发展出系列的整合创新的设计方法和工具，促进了设计思维在商业领域

的应用发展<sup>[21]</sup>，也展示了设计思维的在商业创新中的优势。

### 2.2 设计思维的概念定义与方法介绍

设计思维的概念定义分为广义和狭义两种理解。广义的设计思维是指由克洛斯等学者提出的设计师式的创意思维方式，是设计者获得专业知识和能力的方式；狭义的设计思维是指由 IDEO 创始人蒂姆·布朗 (Tim Brown)<sup>[22]</sup>和 D-school 的罗尔夫 (Rolf A. Faste)<sup>[23]</sup>等基于设计创新实践总结与提炼的创新思维的系统化理念和方法——设计思维是一种以人为本的，将人的需求、技术和商业相结合的设计师式的整合性思考方式和工具；卡佳 (Katja Tschimmel) 等学者认为设计思维可以整合构建和表达新的现实，将设计文化及其方法引入商业创新领域<sup>[24]</sup>；谭浩等学者从用户情境的角度建构了交互设计的设计思维模型与方法<sup>[25]</sup>；无论是广义还是狭义的定义，设计思维都强调了人的需求和设计师的感性能力在满足人的需求方面的作用和意义。

设计思维的过程是分析和创造的过程，强调同理心的理解力、问题洞察力、原型创建、测试迭代和形成最终方案<sup>[26]</sup>。比较常用的设计思维模型主要有：(1) IDEO 的发展出来的 3I (Inspiration, Ideation, Implementation) 模型<sup>[27]</sup>；(2) 德国波茨坦哈索普拉特纳研究所 (Hasso-plattner) 与斯坦福 D-school 共同发展出的设计思维模型<sup>[28]</sup> (见图 2)；(3) 英国设计委员会 (UK Design Council) 提出的“双钻设计过程模型” (Double Diamond Model, 见图 3)。其中“双钻设计过程模型”影响力和普及性最为广泛。它以双钻的图形方式描述了设计过程的两次发散和两次聚焦的阶段过程，两次发散和聚焦阶段分别为：发现 (Discover)、定义 (Define)、开发 (Develop) 和交付 (Deliver)<sup>[24]</sup>。

综合分析设计思维可以发现无论思维理念还是

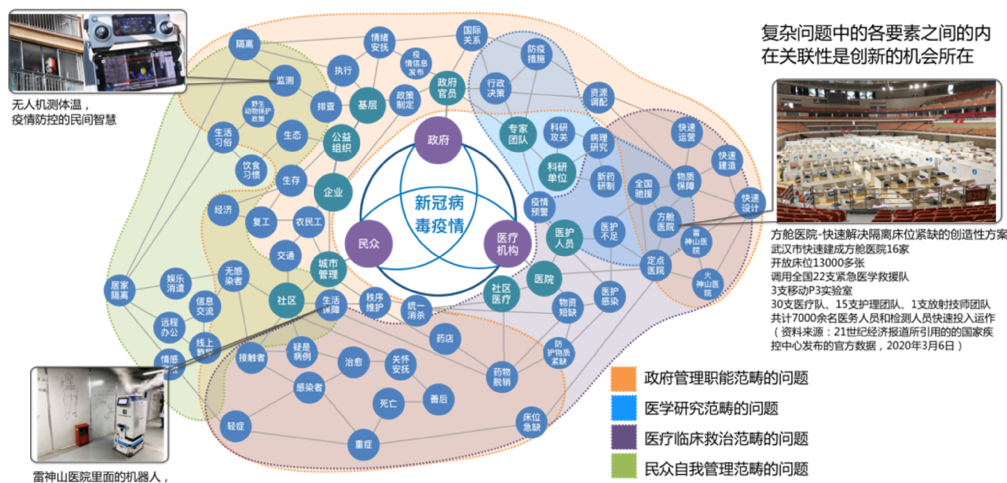


图1 新型冠状病毒肺炎疫情的复杂性与创新性解决方案示例

Fig.1 Examples of complexity and innovative solutions for covid-19 outbreaks in Wuhan, China

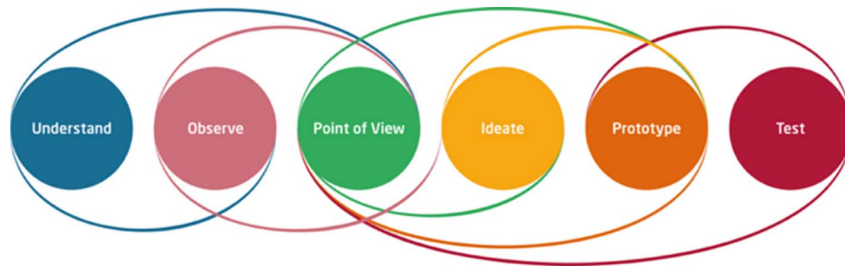


图 2 设计思维模型<sup>[24]</sup>  
Fig.2 Design Thinking Model

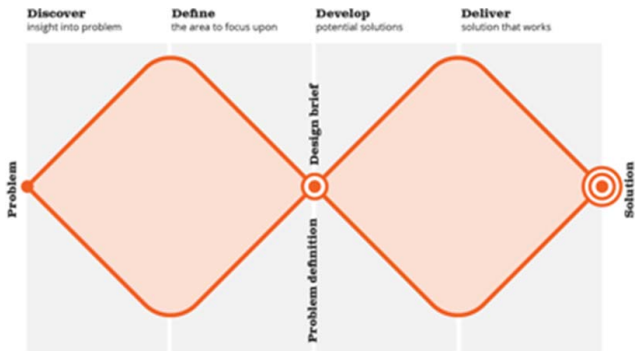


图 3 “双钻设计思维模型”  
Fig.3 Double Diamond Design Thinking Model

具体的思维方法、流程，设计思维都是以问题为导向的整合性创新思维过程。设计思维流程的起点是从准确定义问题开始，以设计师的思维方式进行发散，寻找问题的可能形式和资源整合的可能性。全过程经过多次聚焦、发散、迭代、验证，从广度和深度两个方面保障了所获得的解决方案的创新性与合理性。此外，设计思维过程中强调的同理心和洞察力，是从人的感性能力方面去获取需求中的情感因素，这个特征对于定义复杂问题中人的要素的问题是理性思维无法做到的。

### 3 跨学科视角下的设计思维

跨学科视角下，设计思维是一种系统性创新思维方式。复杂设计问题呈现的多元性与不确定性超越了

单一学科的认知能力，因此，创造者或者观察者需要融合多视角，以系统性的眼光来观察和理解事物。胡飞等学者研究了“体验设计”多学科交叉融合的特征<sup>[29]</sup>；张凌浩等学者则从产品开发的全过程阐述了设计思维的系统性思维特征<sup>[30]</sup>；内里·奥克斯曼 (Neri Oxman) 提出希望通过创造一种“视角”探索设计与科学、工程、艺术学科之间的融合途径。她说：“从设计的语境思考不同的学科的未来，或者从其他的学科的语境思考设计都会是一种充满挑战 and 创新的尝试。”<sup>[1]</sup>

针对学科分类所造成的学科之间的藩篱，在约翰·前田 (John Maeda) 的学科功能分类图“百慕大四边形” (Bermuda Quadrilateral)<sup>[9]</sup> (见图 4) 的基础上，奥克斯曼认为，随着人类认知边界的模糊，知识的学科属性减弱，原本属于各个学科分类的知识相互交叉交融，学科之间的关联和交融可以相互激发和演进。她提出了“创造力的克雷布斯循环 (Krebs Cycle of Creativity) 模型”类比生物新陈代谢的物质循环和能量循环的过程<sup>[9]</sup> (见图 5)，目的在于模拟和诠释科学、工程、设计和艺术这 4 种代表人类创造力形式的学科之间的相互作用的循环过程<sup>[9]</sup>。

奥克斯曼的理论模型是基于跨学科的创新实践的总结，是对学科融合的现实与趋势的反思。但是，对于“创造力的克雷布斯循环”她只是提出了抽象的理论框架，缺乏体系化的理论论述和实践方法论的介绍。因此，奥克斯曼的理论的价值主要体现在观念启示层面。

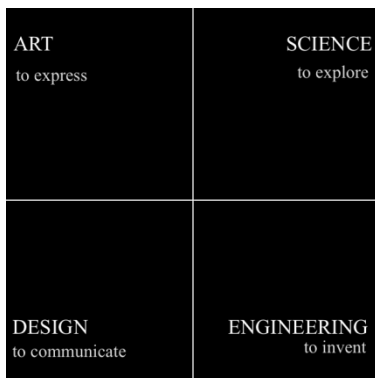


图 4 学科分类图“百慕大四边形”  
Fig.4 Catalogue of disciplines: the Bermuda Quadrilateral

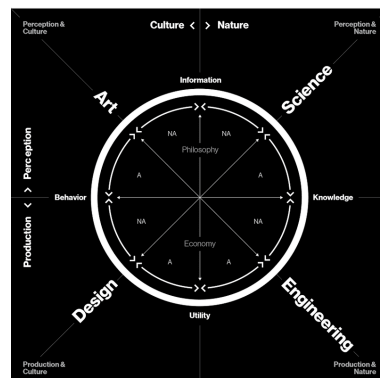


图 5 创造力的克雷布斯循环  
Fig.5 Krebs Cycle of Creativity

#### 4 社会科学视角的设计问题与设计思维

社会科学研究视角将人类的创造性思维方式分为科学思维、工程思维(包含设计思维)、艺术思维<sup>[31]</sup>,设计思维因为与工程思维的构造性共性被包含在工程思维类比中。上述3类思维方式的区别主要体现在以下3个方面:(1)科学思维是以真理为导向的,探索和发现事物本质的思维方式,它强调思维的理性和规律的普适性<sup>[32]</sup>;(2)工程思维是以价值为导向的,建构和创造人工事物的思维方式,它强调思维的创造性和独特性<sup>[32]</sup>;(3)艺术思维则是以志趣为导向的,反思和想象世界的思维方式,它强调思维的想象力和个体性<sup>[31]</sup>。科学思维、工程思维、艺术思维的联系性首先体现在3种思维方式是人类认知、创造、想象世界的有机组合体,各有其不可替代的价值和意义。科学思维是其他两类思维方式的理性思维基础,科学思维能为工程实践和艺术实践提供原理性的指导和理性的认知方法以拓展工程创造和艺术创作的手段;工程实践为科学原理的发现和验证创造条件;艺术思维的想象力特征常常可以启发科学发现;工程思维和艺术思维都具有想象力的特征,想象力是驱动技术创新性应用的重要动力。设计思维与其他类型的思维方式的关系见图6,解析了科学思维、工程思维和艺术思维三者的区别与联系,这个分析图强调了3种创造性思维方式的关联性和融合的价值。居中的工程思维融合了科学思维的理性特征和艺术思维的感性特征,并将这些优势运用于工程实践中。因此,工程思维具有两种不同的趋向性:(1)理性方向的技术思维趋向性,以科学原理为基础,应用技术构造人工物;(2)感性维度方向的设计思维趋向性,以人的需求为导向,通过想象与整合,应用设计创造体验、满足人的需求。从狭义理解,设计的起源是艺术与科学的融合,因此,设计思维兼具科学思维和艺术思维两方面的特征<sup>[33]</sup>,

具体表现在设计思维兼具有科学思维的理性和逻辑的特征,又具有艺术思维的感性直觉和想象力特征<sup>[34-35]</sup>。

#### 5 造物的实践视角的设计思维

设计实践所面对的问题的语境已经发生变化,设计思维的内涵与外延被丰富和拓展,工程思维的概念已经无法完全涵盖设计思维<sup>[36]</sup>;同时,在造物实践中,设计思维的以人的需求为主体的整合特性和强调想象与审美的感性特征可以作为以理性为主的工程思维的一个有机补充<sup>[37]</sup>。

从造物实践的过程来看,工程思维与设计思维的共性体现在:(1)都是价值导向的造物活动;(2)目的都是解决人的需求问题;(3)都强调建构和创造。工程思维和设计思维的不同主要体现在思维的逻辑不一样,以及两种思维方式的关注点不一样。工程思维主要是基于演绎和归纳逻辑的线性思考方式,注重问题的解决方案应该是什么,主要关注产品的性能、制造工艺、技术等效率因素;设计思维是以溯因逻辑为主的非线性思维方式,关注问题的解决方式的可能性是什么<sup>[38]</sup>,重点关注用户的使用行为、人机系统、美学等体验相关的因素。从这个角度来看,工程思维更强调解决方案的可靠性和可行性,设计思维相对工程思维会更强调开放性创新

因此,罗杰·马丁认为深入理解基于“溯因逻辑”的设计思维和基于演绎逻辑、归纳逻辑的工程思维之间的差异性和关联性,对于造物实践活动中的“探索”阶段的创新性和开发阶段的有效性具有重要意义<sup>[39]</sup>,设计思维强调解决方案的可能性的特性具体表现在其对创意思维过程的启发性和发散性<sup>[40]</sup>。工程思维与设计思维相融合对于造物实践过程实质上是追求一种平衡(满意)状态。这种平衡包括:(1)实践过程的“开发”与“探索”之间的平衡;(2)解决方案的

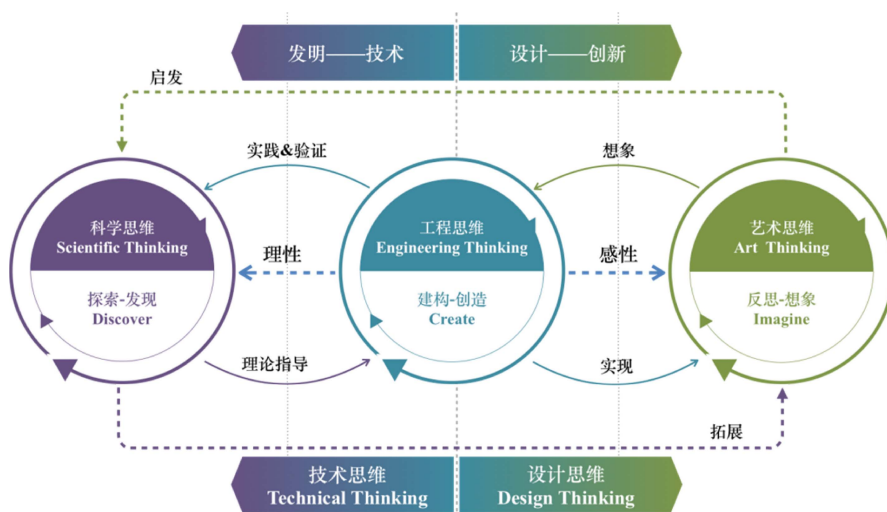


图6 设计思维与其他类型的思维方式的关系

Fig.6 Diagram of the relationship between design thinking and other types of thinking

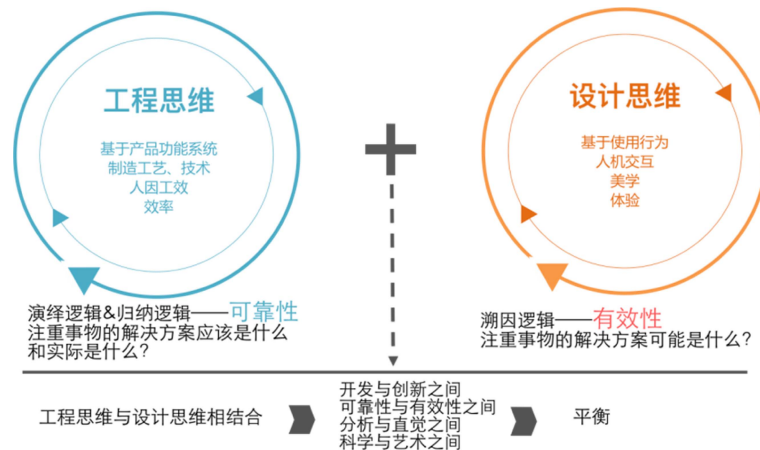


图 7 设计思维与工程思维的对比

Fig.7 Contrast between design thinking and engineering thinking

“可靠性”与“有效性”之间的平衡；(3) 研究方法的“分析性”与“直觉感”之间的平衡；(4) 方案表征的“科学理性”与“艺术感性”之间的平衡。设计思维与工程思维的对比见图 7。

## 6 结语

本文所探讨的核心问题是：复杂设计问题求解与设计思维之间的关系。这个问题可以从设计问题复杂性特征和设计思维特征进行综合探讨。设计问题的复杂性体现在 3 个方面：(1) 复杂问题呈现多学科交叉性和不确定性，而个人或者单一学科的认知能力和资源是有限的；(2) 问题中所涉及的人的因素的不确定性，人的行为和感性因素无法完全预估和结构化；(3) 跨学科交叉协作中的存在认知鸿沟。设计思维则是以人的需求为导向的融合理性及感性知识的整合性创新思维方式。复杂设计问题与设计思维的紧密联系体现在设计思维可以通过整合性创新方式为定义和解决复杂问题提供更多可能的解决方案。

本文分别从历史语境、现实语境探讨了复杂问题与设计思维的历史意义和现实价值，结合跨学科视角、社会科学视角、和造物实践的视角从宏观到微观辨析了科学、艺术、工程、设计等学科之间的差异性和关联性。在此基础上，分析了与之对应的科学思维、艺术思维、工程思维和设计思维之间的差异性和关联性。最后从造物实践的视角提出了设计思维与工程思维以及其他思维方式相融合对于开放创新的价值和意义。

本文的主要贡献体现在 3 个方面。首先是从历史和现实语境梳理了复杂问题和设计思维的理论发展过程和脉络，提供了对这两个概念的不同角度的理解的认识。其次，通过类比分析为界定设计思维在学科系统与实践层面的价值意义提供了一个新的视角。设计思维对事物之间的关联性的洞察、各种创造性思维方式之间的关联性和差异性的辨析，对于人们认知

问题和求解问题能提供一个清晰的框架。再次，提出了通过思维模式的融合与互补，跨越学科之间的创新鸿沟的主张。设计思维是一种整合性的思维方式和方法论，对它的整合特性的了解，有助于创新实践者运用设计思维的方法在跨学科创新过程中打通因认知差异、学科背景差异等因素造成的创新鸿沟，实现学科之间、团队之间的深度融合。

## 参考文献：

- [1] ITO J. Design and Science[J]. Journal of Design and Science, 2016(7): 67-72.
- [2] 蔡军, 李洪海. 设计 3.0 的视角——设计管理中的设计知识结构[J]. 装饰, 2016(12): 88-92.  
CAI Jun, LI Hong-hai. Design 3.0 Perspective: Design Knowledge Structure in Design Management[J]. Zhuangshi, 2016(12): 88-92.
- [3] 张凌浩. 选题策划《系统创新设计思维、方法与实践》序言[J]. 包装工程, 2018, 39(22): 12.  
ZHANG Ling-hao. Preface of “Design Thinking, Method, and Practice of System Innovation” for Topic Selection and Planning[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(22): 12.
- [4] BUCHANAN R. Worlds in the Making: Design, Management, and the Reform of Organizational Culture[J]. She Ji: The Journal of Design, Economics, and Innovation, 2015, 1(1): 5-21.
- [5] CROSS N. A Brief History of the Design Thinking Research Symposium Series[J]. Design Studies, 2018, 57(7): 160-164.
- [6] FINK A. Conducting Research Literature Reviews: From the Internet to Paper[M]. Los Angeles: Sage Publications, 2019.
- [7] BOOTH W C, BOOTH W C, COLOMB G G, et al. The Craft of Research[M]. Chicago: University of Chicago Press, 2003.
- [8] ABERDEEN T. Case Study Research: Design and Methods[J]. The Canadian Journal of Action Research,

- 2013, 14(1): 69-71.
- [9] OXMAN N. Age of Entanglement[J]. *Journal of Design and Science*, 2016(9): 27-33.
- [10] SIMON H A. The Science of Design: Creating the Artificial[J]. *Design Issues*, 1988, 4(1/2): 67-82.
- [11] 赵江洪. 设计艺术的含义 [M]. 长沙: 湖南大学出版社, 2005.  
ZHAO Jiang-hong. The Meaning of Design Art[M]. Changsha: Hunan University Press, 2005.
- [12] BOWEN S, DURRANT A, NISSEN B, et al. The Value of Designers' Creative Practice within Complex Collaborations[J]. *Design Studies* 2016, 46: 174-198.
- [13] NEWELL A, SIMON H A. Human Problem Solving[M]. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1972.
- [14] RITTEL H W, WEBBER M M. Dilemmas in a General Theory of Planning[J]. *Policy Sciences*, 1973, 4(2): 155-69.
- [15] CROSS N. Design Thinking: Understanding How Designers Think and Work[M]. Oxford: Berg, 2011.
- [16] BUCHANAN R. Wicked Problems in Design Thinking[J]. *Design Issues*, 1992, 8(2): 5-21.
- [17] FRIEDMAN K. Models of Design: Envisioning a Future Design Education[J]. *Visible Language*, 2012, 46(1/2): 132.
- [18] BARSALOU L W. Define Design Thinking[J]. *She Ji: The Journal of Design, Economics, and Innovation*, 2017, 3(2): 102-5.
- [19] ARCHER B. Design as a Discipline[J]. *Design Studies*, 1979, 1(1): 17-20.
- [20] 罗杰·马丁, 徐永. 整合性思维: 成功领导人的思考方式[J]. *哈佛商业评论*, 2015(6): 90-101.  
MARTIN R, XU Yong. Integrated Thinking: the Way of Thinking for Successful Leaders[J]. *Harvard Business Review*, 2015(6): 90-101.
- [21] BJÖGVINSSON E, EHN P, HILLGREN P A. Design Things and Design Thinking: Contemporary Participatory Design Challenges[J]. *Design Issues*, 2012, 28(3): 101-16.
- [22] BROWN T. Design Thinking[J]. *Harvard Business Review*, 2008, 86(6): 84.
- [23] CURTIS G. Structured Ideation and Design Thinking[M]. Berlin: Springer, 2009.
- [24] TSCHIMMEL K. Design Thinking as an Effective Toolkit for Innovation[C]. Manchester: The International Society for Professional Innovation Management (ISPIM), 2012.
- [25] 谭浩, 徐迪. 基于情境的产品交互设计思维研究 [J]. *包装工程*, 2018, 39(22): 12-6.  
TAN Hao, XU Di. Interactive Design Thinking of Products Based on Scenario[J]. *Packaging Engineering*, 2018, 39(22): 12-6.
- [26] DORST K. The Core of "Design thinking" and Its Application[J]. *Design Studies*, 2011, 32(6): 521-32.
- [27] BROWN T, KATZ B. Change by Design[J]. *Journal of Product Innovation Management*, 2011, 28(3): 381-3.
- [28] THORING K, MÜLLER R M. Understanding the Creative Mechanisms of Design Thinking: An Evolutionary Approach[C]. New York: Proceedings of the Second Conference on Creativity and Innovation in Design, 2011.
- [29] 胡飞, 姜明宇. 体验设计研究: 问题情境、学科逻辑与理论动向[J]. *包装工程*, 2018, 39(20): 60-75.  
HU Fei, JIANG Ming-yu. Experiential Design Research: Problem Situation, Discipline Logic, and Theoretical Trend[J]. *Packaging Engineering*, 2018, 39(20): 60-75.
- [30] 张明池, 张凌浩. 系统设计思维下的地震应急类产品开发 [J]. *包装工程*, 2010, 31(14): 18-21.  
ZHANG Ming-chi, ZHANG Ling-hao. Development of Earthquake Emergency Products under System Design Thinking[J]. *Packaging Engineering*, 2010, 31(14): 18-21.
- [31] 李伯聪. 工程思维的性质和认识史及其对工程教育改革的启示——工程教育哲学笔记之三[J]. *高等工程教育研究*, 2018(4): 45-54.  
LI Bo-cong. The Nature and History of Engineering Thinking and Its Enlightenment to the Reform of Engineering Education: Notes on the Philosophy of Engineering Education (3)[J]. *Research on Higher Engineering Education*, 2018(4): 45-54.
- [32] BUCCIARELLI L. Engineering Philosophy[M]. Mekelweg: Delft University Press, 2003.
- [33] 林鸿. 思维的习得与设计的见地[J]. *包装工程*, 2017, 38(12): 235-8.  
LIN Hong. The Acquisition of Thinking and the Insight of Design[J]. *Packaging Engineering*, 2017, 38(12): 235-8.
- [34] 周曙华, 熊兴福. 设计思维的两重性[J]. *包装工程*, 2005, 26(6): 217-9.  
ZHOU Shu-hua, XIONG Xing-fu. The Duality of Design Thinking[J]. *Packaging Engineering*, 2005, 26(6): 217-9.
- [35] 罗昊, 何人可. 大数据思维驱动下的设计创新思变 [J]. *包装工程*, 2017, 38(12): 136-140.  
LUO Hao, HE Ren-ke. Thinking Change of Design Innovation Driven by Big Data Thinking[J]. *Packaging Engineering*, 2017, 38(12): 136-140.
- [36] PLATTNER H, MEINEL C, LEIFER L. Design Thinking Research: Making Distinctions: Collaboration Versus Cooperation[M]. Berlin: Springer, 2017.
- [37] LEIFER L, MEINEL C. Manifesto: Design Thinking becomes Foundational[M]. Berlin: Springer, 2016.
- [38] BIRD O. Peirce's Theory of Methodology[J]. *Philosophy of Science*, 1959, 26(3): 187-200.
- [39] MARTIN R, MARTIN R L. The Design of Business: Why Design Thinking is the Next Competitive Advantage[M]. Brighton: Harvard Business Press, 2009.
- [40] 尹翠君, 任立昭, 何人可. 论设计创新思维的启发式 [C]. 郑州: 第十一届全国包装工程学术会议, 2007.  
YIN Cui-jun, REN Li-zhao, HE Ren-ke. On the Heuristic of Design Innovation Thinking[C]. Zhengzhou: The 11th National Packaging Engineering Academic Conference, 2007.