

## 问题解决理论下的设计认知策略

赵启逊, 陈国东, 潘荣, 陈毓灏  
(浙江农林大学, 杭州 311300)

**摘要:** **目的** 设计认知策略是设计认知研究的重要主题。目前, 国内外学者对设计认知策略展开了广泛研究。本文旨在探索设计认知策略的研究和发展趋势, 为设计中的问题解决活动和设计行为特征提供新的理解。**方法** 以问题解决理论为基础, 回顾问题解决策略和问题空间的概念, 引出设计认知策略与问题解决理论间的实际联系。以时间线的形式展开叙述, 系统地评述当前的研究现状, 重点分析设计认知策略与协同进化研究的发展, 总结不同研究阶段的成果与特点, 指出其缺陷与不足。进一步对设计认知策略的研究方法展开叙述, 讨论了数据的获取途径与处理方式。**结论** 在理论发展和研究方法阐述的基础上, 为设计认知策略研究的局限性提出未来研究方向。从创造力、计算机辅助设计工具和人工智能的角度指出设计认知策略的应用前景。

**关键词:** 设计认知策略; 问题解决; 认知类型; 问题空间

**中图分类号:** TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2021)22-0231-09

**DOI:** 10.19554/j.cnki.1001-3563.2021.22.029

### Design Cognitive Strategy for Problem-solving Theory

ZHAO Qi-xun, CHEN Guo-dong, PAN Rong, CHEN Yu-hao  
(Zhejiang A&F University, Hangzhou 311300, China)

**ABSTRACT:** Design cognitive strategy is an essential topic in the research of design cognition. At present, domestic and foreign scholars have carried out extensive research on design cognitive strategy. The purpose of this paper is to explore the research and development trend of design cognitive strategy and to provide a new understanding of problem-solving activities and design behavior characteristics in design. Based on the theory of problem-solving, this paper reviews the concepts of problem-solving strategy and problem space and leads to the solid connection between design cognitive strategy and problem-solving theory. This paper narrates in the form of a timeline, systematically reviews the current research status, focuses on the development of design cognitive strategy and co-evolution research, summarizes the achievements and characteristics of different research stages, and points out their defects and shortcomings. It further describes the research methods of design cognitive strategies and discusses the ways to obtain and process data. On the basis of theoretical development and research method elaboration, this paper puts forward the outlook of the research direction for the limitations of current research on design cognitive strategy. From the perspectives of creativity, computer-aided design tools and artificial intelligence, the application prospects of design cognitive strategy are presented.

**KEY WORDS:** design cognitive strategy; problem-solving; cognition type; problem space

人类无时无刻不在面临着问题, 问题解决的过程也是人类进步的过程。设计师在设计活动中常常要处理和解决复杂的问题, 由于设计问题本身具有“定义不明确”的特征, 因此设计活动呈现出大量、不确定

的标准和约束<sup>[1]</sup>。问题解决理论关注人类的行为和策略, 一直是认知心理学领域的研究焦点。而在设计研究领域, 科研人员也致力于探索设计师的行为与策略, 了解设计师如何解决设计问题。本文首先概述问

收稿日期: 2021-07-31

作者简介: 赵启逊(1995—), 男, 江苏人, 浙江农林大学硕士生, 主攻机械工程、工业设计。

通信作者: 陈国东(1982—), 男, 浙江人, 硕士, 浙江农林大学副教授, 主要研究方向为工业设计。

题解决理论的基本概念,其次表明在设计领域中问题解决方式的不同可能是由于个人策略的差异,总结了关于问题解决理论下的设计认知策略的研究发展和研究方法,最后提出未来发展方向。

## 1 问题解决理论概述

### 1.1 问题解决理论

问题解决被认为是一系列具有目的指向性的认知操作<sup>[2]</sup>。Newell 和 Simon<sup>[3]</sup>提出了问题解决理论,该理论将人看作是一个信息处理系统,通过协议分析、收集问题解决的数据,以此来研究人类的认知和信息处理。在研究早期,多种课题被用在实验中来探究被试的解题策略,如著名的“河内塔”问题、西洋棋动法、谜题、密码算数等<sup>[3]</sup>。在这些复杂的问题中,任务环境、问题空间及个体的知识和智力水平等是影响问题解决的主要因素。同样,个人感知能力、人格个性、情境和对任务的掌控力等其他因素也有一定的影响<sup>[5]</sup>。随着问题解决理论的发展,一些学者观察到该理论在设计研究中的应用前景,并开始系统和科学地研究设计认知策略。

### 1.2 问题解决策略

在问题解决理论中,策略是推动问题解决和发展的重要因素之一,它是个体在某一问题空间内的特殊操作,也是解决问题的方式和方法。研究发现被试的个体经验、认知变量和非认知变量都会影响策略的使用<sup>[5]</sup>。Lemaire 和 Siegler 识别了策略的4种内部成分,包括策略库、策略分布、策略执行和策略选择,并观察到不同个人使用策略的明显差异<sup>[6]</sup>。

在设计研究领域,设计认知策略(Design Cognitive Strategy)是指在一个完整的实验设计过程中,设计师(包括专家和新手)倾向以不同的策略组织设计活动,这意味着设计师处理问题的一般方式的不同<sup>[7]</sup>。有关设计认知的研究也表明,在设计过程中如问题识别、问题定义和评估等认知策略的使用也会影响到设计结果<sup>[8]</sup>。

### 1.3 问题空间

问题空间的概念在认知心理学和人工智能领域广为人知,当人们从事目标导向活动时,问题空间就会产生<sup>[9]</sup>。问题空间是主体在试图解决问题时对“任务环境”的抽象表征<sup>[3]</sup>。不同任务的问题空间呈现出相异的结构与内容,问题解决者根据目标、规则、约束、任务环境知识或其他情况探索如何解决问题。

Maher 和 Poon<sup>[10]</sup>根据问题解决理论中的问题空间概念,在设计学研究中提出了“问题空间”和“解决方案空间”,前者是指设计问题要求的范围,后者是指可能构成设计问题要求的解。他们进一步提出一种基于遗传算法的设计问题探索模型,模型内的“问

题空间”与“解决方案空间”在一定时间范围内的相互作用和演化。

## 2 基于问题解决理论的设计认知策略研究

设计可以被认为是最具认知需求的人类活动之一。在认知心理学中,设计活动被认为是复杂的问题解决过程,它涉及使用一系列不同的方式寻找合适的解决方案以满足总体设计目标<sup>[11]</sup>。自20世纪60年代以来,设计研究人员开始使用实验的方法来推动对设计的理解,其研究的重点之一在于设计师如何使用不同策略解决设计问题。

### 2.1 设计认知策略的不同研究阶段

人们在处理复杂问题时问题解决方式具有稳定性,即在不同情境之下表现出具有相同个体特征的问题解决行为<sup>[12]</sup>。设计问题由于其“不良结构域”的特征,问题都是以定义不明确的方式呈现的,设计师需要将有限的信息通过搜索、实验、转化、增加、减少、优化与筛选等手段来获得关于问题的见解。对设计师认知策略和行为的观察表明,设计师在理解设计任务、信息收集、问题定义、概念生成和评估之间的跳跃取决于其策略应用知识<sup>[13]</sup>和个人经验水平<sup>[14]</sup>,也取决于问题的类型和设计时的状态<sup>[15-16]</sup>。将已完成的研究划分为3个阶段进行叙述,不同阶段设计认知策略研究概述见表1。

#### 2.1.1 简单问题解决阶段

早期关于设计认知策略的研究大多是通过协议研究,基于问题解决的方式进行探索的。Cross<sup>[8]</sup>认为,当设计专家解决“不良结构域”的设计问题时,倾向于专注不同的方面,这些方面既包括解决方案的生成,也包括设计问题的分析。关于此类与认知策略相关的研究最早可以追溯到LAWSON B R<sup>[17]</sup>在1979年的实验,他观察到建筑设计专业的学生与理科专业的学生具有不同的问题解决策略,并将其区分为“以解决方案为中心”或“以问题为中心”。

后续的经典研究包括CHAN C S<sup>[18]</sup>对建筑设计问题解决过程中认知机制的探索,他指出专业设计在设计过程中使用控制策略来调节对设计问题空间的搜索。CHRISTIAANS H 等人<sup>[19]</sup>于1992年进行了有声思考的实验,对比了工业设计工程专业新手与高级设计学生的策略差异。他们发现由于新手设计师缺乏对设计问题的成熟认识和解决经验,难以认识到问题的难度,往往过于简化问题;而高级设计学生的策略分为2种类型,一种倾向于收集大量的信息,但却因此严重限制了解决方案的发展,另一种对信息需求较小,但能快速确定问题的优先项,生成出较为成功的解决方案。LLOYD P<sup>[20]</sup>提出了一个独立于设计专业领域的描述设计行为的模型,通过实验验证了特定类型问题的经验对设计师的认知策略造成的影响。

表 1 不同阶段设计认知策略研究概述  
**Tab.1 Overview of design cognitive strategy in different stages**

不同研究阶段	系统观点	研究方法	研究对象领域	作者及年份
简单问题解决阶段 (1979—2001 年)	设计专业学生表现出以解决方案为主导的认知策略	面向设计过程的并发式协议分析	建筑设计	Lawson (1979) [17]
	专业设计师使用不同的控制策略搜索问题空间	面向设计过程的并发式协议分析	建筑设计	Chan(1990)[18]
	设计专业学生在收集信息和分析问题的策略方面存在差异	面向设计过程的并发式协议分析	工程设计	Christiaan 和 Dorst(1992) [19]
	特定类型问题的经验影响设计师的认知策略	面向设计过程并发式协议分析	工程设计	Lloyd 和 Scott(1994)[20]
	专家设计师掌握大量的问题解决策略	面向设计内容的回顾性协议分析	建筑设计	Suwa 等人 (1998) [21]
	新手与高级设计专业学生使用不同策略界定设计问题	面向设计过程的并发式协议分析	工程设计	Atman 等人 (1999) [22]
领域独立视角 问题解决阶段 (2001—2010 年)	专家设计师迭代地考虑设计问题与解决方案	面向设计过程并发式协议分析	产品设计	Dorst 和 Cross(2001)[23]
	设计师在问题与解决方案的转换之间存在周期性变化	并发式与回顾性协议分析相结合	产品设计和建筑设计	Maher 和 Tang(2003)[24]
	专家设计师在认知策略上表现出不同的风格导向	面向设计过程并发式协议分析	产品设计	Krger 和 Cross(2006)[25]
	设计师式认知	面向设计过程的并发式协议分析	工程设计	Cross (2006) [26]
	设计师对信息的需求划分认知策略	面向设计过程的输入-输出实验	产品设计	刘征等人 (2009) [27]
多元化研究阶段 (2010—至今)	设计师使用广度或深度优先的认知策略开发设计过程	面向设计过程的并发式协议分析	软件设计	Ball 等人 (2010) [28]
	不同设计专业的学生在设计认知策略的风格上存在差异	面向设计过程的并发式协议分析	工业设计和工程设计	Jiang 等人 (2014) [29]
	解决方案驱动的设计认知策略与创造力高度相关	面向设计知识结构的探索性因子分析	视觉设计, 工业设计和建筑设计	Lu (2015) [30]
	不同的设计认知策略影响专业设计师的表现	面向设计内容的回顾性协议分析	机械设计	Sun 等人 (2016) [31]
	设计师使用特定的认知策略多方面地探索设计问题	面向设计过程的并发式协议分析与回顾性访谈相结合	工程设计	Murray 等人 (2019) [32]
	专业设计师使用不同认知策略克服设计固化, 应对设计挑战	面向设计过程的案例研究	产品设计	Crilly 和 Firth (2019) [33]

ATMAN C J 等人<sup>[22]</sup>延续了之前的研究, 将重点放在新手与高级设计学生设计过程的差异上, 他们发现高级设计学生在“问题范围”的界定方面会有更复杂的行为, 即收集更多、更广泛的信息。

关于问题解决过程所呈现结构的思考, CROSS N 于 1997 年的一项基于设计团队的协议研究中发现, 设计中创造性概念的产生并不是之前所认为的“创意飞跃”的出现, 即突然出现某个新颖的概念被用作潜

在的解决方案, 而更像是问题需求与解决方案中间以“桥梁”的方式进行连接<sup>[34]</sup>。基于这项研究的发现, DORST K, CROSS N<sup>[23]</sup>在 2001 年设计了一项协议分析, 记录并分析了专家设计师的设计过程, 提出了设计问题域与解域的协同进化模型。根据该模型的分析, 在整个设计过程中存在众多的“问题空间”和“解决方案空间”及连接这两个空间的“路径”; 设计师基于“问题空间”的需求探索“解决方案空间”的潜

在解决方案,在探索“问题空间”的需求时也考虑“解决方案空间”的潜在解决方案,两个空间相互匹配协同进化;最终,协同进化的过程将产生问题与解决方案的良好“契合”,定义不明确的设计问题也转化为定义明确的问题或直白的解决方案。设计问题域与解域协同进化模型见图1(根据DORST K和CROSS N<sup>[23]</sup>自绘)。

然而,有些设计师习惯先制定问题空间的结构,随后根据问题空间的发展,制定解决方案空间的结构;相反,也有设计师优先发展解决方案空间的结构,然后根据对问题的理解与解决方案的推进,进一步发展问题空间的结构。前者的设计策略被认为是由问题导向,后者相应地被认为是解决方案导向的类型。设计师通过在问题空间与解决方案空间里“分析、综合、评价”且不断迭代,通过大量的认知努力寻找问题与解决方案的完美配对,从而有效地发展设计方案。这也验证了SIMON H A<sup>[1]</sup>所描述的设计活动是基于问题框架和解决问题之间的迭代辩证法。至此,该模型下两种不同的设计认知策略被称为“问题驱动型”和“解决方案驱动型”。

从1979年到2001年可以被认为是设计认知策略研究的早期阶段,主要研究简单的设计问题。从设计认知策略的识别到问题解决过程中的关键概念,大量的基础工作都在这个阶段完成,所有的成果构成了这一研究主题早期的基本框架。

### 2.1.2 领域独立视角问题解决阶段

设计认知研究的挑战是阐明设计过程及设计的本质,而对设计认知策略的理解则是对前者的补充。从2001年至2010年是设计认知策略研究的重要发展阶段,其主题是将设计领域的问题解决与其他领域的问题解决区分开,承认设计专业知识的特殊性。

一个重要的研究是MAHER M, TANG H H<sup>[24]</sup>于2003年对协同进化问题的研究,他们在两个研究中分别使用了并发性的有声思考协议和回顾性的口头报告协议,报告了与问题需求相关的协同进化机制和协同进化在两种空间内相互转化的具体证据。

另一个重要的研究是KRUGER C等人在2006年所发展的4种类型的设计认知策略<sup>[25]</sup>。他们在LAWSON B R<sup>[17]</sup>研究结论的基础上识别出新的设计认知策略:“信息驱动型”和“知识驱动型”。不同认

知策略分类的依据是专家在设计活动的不同阶段编码协议语句的百分比,而这也被推测为可能是由认知风格所导向的。从问题解决的认知特点方面来看,“问题驱动型”的设计师关注重点是理解和定义所给到的设计问题,并尽快找到解决方案;“解决方案驱动型”的设计师则专注于解决方案的生成,并花费很少的时间来定义问题;“信息驱动型”的设计师在设计过程中专注于外部信息的收集,基于收集到的信息来开发解决方案;“知识驱动型”的设计师强调使用先前的结构化知识和个人知识来开发解决方案。从问题空间来看,“问题驱动型”的设计师问题空间大小适中,会根据设计问题的给定范围而变化;“解决方案驱动型”的设计师问题空间非常大,这也给予了解决方案更多的可能性;“信息驱动型”的设计师问题空间受到严格的限制,依据收集的信息作出较小的变化;“知识驱动型”的设计师问题空间最小,受到现有知识的影响。

在国外方面,CROSS N<sup>[26]</sup>发展“存在设计师式的认知方式”这一概念,总结出经验丰富的设计师可能更多地关注解决方案,经验相对缺少的设计师会更多地关注问题。此外,VISSER W<sup>[35]</sup>回顾了过去25年以来的设计认知研究以支持设计区别于其他活动的假说,认为除了专业知识会导致设计师不同的行为外,还应区分不同领域设计师的个体差异。

在国内方面,刘征和孙守迁<sup>[7]</sup>设计实验探索设计认知策略的决定性因素,讨论了问题驱动和解决方案驱动的设计认知策略可以从问题与解决方案协同进化的角度去思考,作为设计思维在不同方面的应用。刘征、孙守迁和潘云鹤<sup>[27]</sup>还开发了信息框架的概念,使用“信息要求”的方法系统地设计过程前期入手分析设计师的认知活动,区分了信息、非信息和准信息框架的认知策略,指出CROSS N实验设计的局限性,揭示了设计认知策略更为普遍的特征。姚君等人<sup>[36]</sup>认为针对人机工程学的设计认知策略是提高设计过程认知效率的关键因素之一,可以确保认知资源的分配,避免个人因素对设计造成影响。

总的来说,此阶段的研究从领域独立的角度出发,在更加细致的粒度上区分不同类型的设计认知策略,强调认知策略的实践性与协作性,这对理解设计专业知识的特殊性与独立性尤为重要<sup>[37]</sup>。

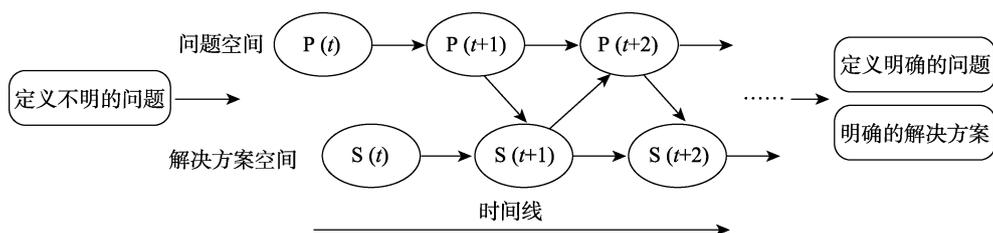


图1 设计问题域与解域协同进化模型

Fig.1 The model of co-evolution between problem and solution

### 2.1.3 多元化设计认知策略研究

从 2010 年至今,与设计认知策略相关的研究呈现出多元化的视角,在关注与设计过程相关的核心现象的背景下,经常结合不同变量进行研究。例如, BALL L J<sup>[28]</sup>通过采用软件设计专家信息处理的观点,研究了总体设计目标的各个方面如何激励特定解决方法的开发策略,确定了心理模拟和认知不确定性在设计问题解决中的作用。Cheng 等人<sup>[38]</sup>研究了减少设计固化的策略,发现呈现与设计问题相关产品先例的部分结构的照片可以打破“阻力最小路径”,设计师因此获得全新的灵感来源,也更积极地评价自己的设计。Jiang 等人<sup>[29]</sup>使用 FBS 框架编码设计协议,探索了不同专业的学生设计团队在设计过程中对问题的探索和解决方案发展的关注程度,使用 PS 指数在元认知的级别上衡量被试的认知策略。Lu<sup>[30]</sup>通过内容分析揭示了 Cross 提出的四种设计认知驱动策略在设计活动中的特点,使用验证性因子分析法创建了设计认知类型量表来区分不同的驱动策略,还发放问卷进行统计分析,对比了不同认知类型的学生与人口变量和创造性结果的相关性,证实了创造力与设计认知策略类型的密切关系。SUN G<sup>[31]</sup>检查了不同专业水平的设计师使用不同策略构造设计问题的有效性,提出了表示问题结构有效性的数值度量模型,在一定程度上解答了在设计中问题是如何被解决的。MURRAY J K 等人<sup>[32]</sup>从早期设计阶段问题探索的模式出发,对比了不同类型问题之间探索策略的差异,观察到个人对策略的使用存在特定的偏好,并且问题背景会影响探索策略。李发权等人<sup>[39]</sup>认为设计认知策略与个体差异的自然匹配程度可能是未来研究的关键点。

由于设计认知策略与问题-解决方案空间协同进化这一现象关系密切,因此对设计过程中的这一核心现象仍需要额外关注。WILTSCHNIG S<sup>[40]</sup>报告了基于团队合作的真实设计实践中协同进化存在的证据,他们发现“问题空间”与“解决方案空间”的方向性移动之间存在一定的因果效应,而设计团队的领导者对于启动协同进化的过程起到了至关重要的决策作用。ZHAO D<sup>[41]</sup>通过引入问题与解决方案空间中“默认”和“意外”的概念,基于定量算法提出了一种创造性设计中的情感判断方法,使用“问题/解决方案空间”的适应度作为评判标准。DORST K<sup>[42]</sup>在 2019 年通过一个自行车设计的案例分析,阐明了既可以将设计看作是问题解决过程的范式,也可以看作是反思性实践活动的设计建模;他从设计项目内部、团队汇报过程和设计项目之间三个角度讨论共同进化,在更详细的层面上反思了共同进化模型,考虑了设计实践中围绕复杂设计问题的高级共同进化的循环。BALL L J<sup>[43]</sup>在同年也回顾了设计认知研究的历史进程和发展,重点关注了设计问题表述过程、解决方案生成与评估过程中以及设计认知过程的全局组织和结构,提出应引

入元认知 (Meta Cognition) 对设计过程进行监测,也为设计认知策略指明了未来的研究方向,使人们对设计认知有了全新的见解。

上述研究一方面从新的角度探索了设计认知策略在创造性问题解决中的角色,另一方面也引入新的研究方法,不再局限于实验室内的数据分析,关注实验结果的生态效度。

## 2.2 设计认知策略的研究方法

### 2.2.1 数据的获取

从目前的研究现状来看,设计认知策略的数据获取方法可分为以下 2 种。

一是调查的方法,主要通过田野调查、访谈和报告的形式收集数据。田野调查的方法包含参与式观察、非参与式观察和案例分析等;访谈的类型包括结构化、半结构化和非结构化访谈,一般使用问卷或是量表回收数据;报告涵盖自我报告、实验报告、学习报告和设计日志等,通过归纳、分类、概括和定性分析进行解释。例如, CRILLY N<sup>[33]</sup>报告了 3 个设计项目的案例研究,从创造性过程的障碍与突破、问题与解决方案协同进化以及设计概念的发展与接受探讨了真实产品项目的构建过程;SMEENK W 等人<sup>[44]</sup>使用半结构化访谈的方法探索了在移情设计中采用不同视角进行设计的案例,并确定了一系列最优视角集群的设计认知策略;GRAFF D<sup>[45]</sup>要求学生使用自我报告的方法收集在设计团队中使用特定方式进行交流的频次,捕捉到了可以提高个体感知学习最有效的交流策略;LU C C<sup>[30]</sup>开发的设计认知类型量表已经描述了 4 种设计认知策略类型在设计活动的倾向行为,因此要求被试根据自己的专业知识,想象自己在解决设计问题的过程中,行为会表现出哪种倾向,就可以了解到被试的设计认知策略。这种方法的优点是可以获得第一手的资料,适合对大批量的数据进行分析;但缺点也很明显,它的测量结果受到研究人员和被试的主观性影响较大,也难以捕捉到被试认知方面的变化。

二是协议分析的方法,即通过在实验中记录和收集的协议数据来获得对研究主题的见解。该方法起源于问题解决的信息处理理论,将被试在实验中的设计过程用视频、音频记录下来,从而检查他们设计过程的不同方面,这是设计认知策略研究中的主流实验方法。现有设计研究中存在两种形式的协议:一是并发式协议,二是回顾性协议。

并发式协议关注的重点在于设计过程<sup>[46]</sup>。以 KRUGER C, CROSS N<sup>[25]</sup>的实验为例,其大致步骤如下:首先借助 CommonKADs 认知建模工具将设计过程分为 8 个阶段,使用该模型识别被试的设计认知策略;接着被试接收到设计命题,将以有声思考的方式完成接收的设计命题;然后研究人员对实验中采集的数据进行编码和定性分析,根据被试在某种设计认

知策略上投入的时间和精力及其使用的频率进行分类；最后，得出被试属于某种设计认知策略类型的结论。这种方法的优点是可以获得全面且丰富的数据，包括被试认知过程的结构、信息的处理水平、所花费的时间和阶段和解决方案开发等，可以进一步执行深度分析。其缺点也显而易见，一方面使用有声思维的方法可能会打断被试自然思考的状态，增加了被试解决问题的时间，导致结果分析只能停留在实验室的层面，无法推广到真实的设计实践中；另一方面设计协议研究获得的数据量一般较大，对数据进行编码处理和分析都耗时耗力，不适合大规模的测量。研究人员可根据自身的需求选取适当的数据获取方法。

相反，回顾性协议则聚焦于设计中所产生的认知内容<sup>[46]</sup>。该方法与并发式有声思考协议相似，但不要求被试在设计的同时进行有声思考，它给予了被试一个更加流畅和自然的设计过程；在被试完成设计后，研究人员与被试共同回看被试在实验过程中的音频和视频，要求被试根据视频和音频内容来阐述自己的设计过程。它适合研究与设计问题、设计策略和设计草图相关的主题，可以很好地检查被试在设计过程中的所思所想。SUWA M 等人<sup>[21]</sup>使用回顾性协议报告了设计师与草图的认知互动过程，并将其中的动作行为分为4类：物理的、感知的、功能的及概念性的。这样分类的依据是从“进入人类认知过程的信息首先是感官处理，其次是知觉和语义处理”的角度出发的。SUN G 等人<sup>[47]</sup>也使用回顾性协议的方法探讨了不同的问题构成策略对设计问题组织的有效性度量，并对比了不同专业水平设计师之间的表现。

### 2.2.2 数据的处理

通过调查的方式获取的数据类型多种多样，包含音频、视频、调查记录、报告、问卷和量表等。其处理方式一般都是根据所调查的目标和提出的问题与假设，进行定性分析和对比统计，一些具体的方法包括内容分析<sup>[30]</sup>、聚类分析<sup>[48]</sup>、专题分析<sup>[48]</sup>、可视化分析<sup>[49]</sup>和三角剖分<sup>[49]</sup>等。例如，KLEINSMANN M 等人<sup>[48]</sup>检查了与设计思维相关的48项设计活动并以卡片集的方式呈现，这些设计活动可以被看作是设计过程中的认知策略；通过与领域专家和受影响的用户商定一致的协议，获得了设计思维活动的完整性与准确性指标，探讨了设计思维在创新设计中的实际应用与意象的外部验证，证明了设计思维在创造性过程中的重要作用。Schönheyder 和 Nordby<sup>[49]</sup>通过调查、参与性观察和结构化访谈研究了设计方法理论与实践设计中设计方法的差距，运用三角剖分从不同角度查看数据，以视觉地图的迭代分析形成了连贯的理解，整合了设计方法的使用与进化的循环演化模型。

协议研究数据的表现形式一般包括被试在实验过程中音频和视频的记录。针对协议研究的数据处理，主要方法是对数据进行“转录”“分割”“编码”。

首先对协议内容进行“转录”，也就是把音频和视频的内容转化为文字档案；然后根据研究主题或意图将数据划分为方便处理的小单元，这就是“分割”；再根据认知活动发生的时间、顺序、类别、依赖关系和相互作用等对数据进行“编码”，其中编码方案的选择遵循需要探索主题的特定设计理论或设计模型；最后，数据被转化为方便直观分析的形式<sup>[50]</sup>。通常，数据的“编码”工作一般由2名以上的实验研究人员执行，并在数据“编码”完成后对他们的数据处理结果进行一致性分析。KAN J W T<sup>[50]</sup>建议使用通用的FBS本体论对设计协议进行编码，这使得设计过程能够统一框架下相互映射，也让不同设计专业之间的对比成为可能。另外，在编码阶段引入新的工具也是可取的，例如KIM E J<sup>[51]</sup>使用协议研究对设计师的认知方式进行探索，在数据处理时使用社会网络分析(SNA)工具构建认知地图，识别编码方案的不同元素并确定它们的关系，解读出4种认知风格，获得了对认知过程结构的新见解。

## 3 设计认知策略研究的未来展望

回顾设计认知策略研究四十余年来发展，从早期基于问题解决理论的探索，到许多新的理论、关键现象、设计模型和研究方法被呈现，它们与不同的研究热点相结合，逐步呈现出一个涵盖相关理论、观点和知识的复杂网络。

### 3.1 研究方向展望

目前设计认知策略研究的发展存在一定的局限性，一方面是研究项目的碎片化，另一方面是当前研究结果聚焦于认知主义的限制。

针对研究项目碎片化的问题，主要原因是缺乏学科内一致认同的关于设计认知策略的定义。许多研究专注于特定专业主题的设计认知策略，并将特征与行为联系起来，而不同专业领域的设计认知策略之间可能是存在差异的。例如，STACEY M<sup>[52]</sup>报告了工程设计、艺术设计和软件工程3个专业之间处理设计问题的差异。他们认为工程设计的关键是解决相互矛盾的约束；艺术设计的挑战在于引入约束缩小设计空间，使问题得到适当的定义；软件工程则强调使用系统的方法分析和满足需求。因此，未来应该建立一个透明的设计认知策略的概念框架，将不同的术语概括起来，那么该主题的研究将得到全局性的发展。

针对当前研究结论的认知主义倾向，在设计研究中展现的设计愈发专注于对话的过程，需要开展脱离实验室环境的研究项目。在真实的设计环境中，设计过程频繁受到各种复杂因素的影响，这使得实验室的研究结果难以推广到设计实践中。SHROYER K 等人<sup>[53]</sup>检查了真实设计环境中概念生成的数据集，在不同级别的时间尺度上定性分析创意的生成，对创意生

成过程的结构、内容和特征形成了连贯的理解。同样令人感兴趣的是他们提出的“概念空间”(Ideaspace),这是在团队级别的概念生成阶段观察到的现象:以不同个人零碎的、重复的且杂乱无章的想法,从而组成的临时问题、解决方案空间;这些临时设计空间的形成与个人不同设计认知策略的使用也有密切关系。另外,民族志研究方法的引入可能也是一个选择,因为民族志允许使用多种观察方法,在获得丰富数据的基础上结合不同的理论从多个角度进行不同层次的分析,最终有助于解释设计认知策略的本质和不断发展的复杂设计实践。BALL L J 等人<sup>[54]</sup>认为在设计认知研究中引入民族志的方法,对实验室研究和民族志研究进行三角测量可以获得设计中实证研究的客观性。

总的来说,概念整合与多学科方法交融是未来设计认知策略的研究方向,将社会学、心理学、认知科学、设计生理学、认知神经学和跨文化研究相整合,使用最新的技术和测量方法展开研究,例如使用眼球追踪<sup>[55]</sup>、心电图(ECG)<sup>[56]</sup>、皮肤电活动(EDA)<sup>[57]</sup>、情绪追踪(面部识别)<sup>[57]</sup>等传感器识别生理信号,使用脑电图(EEG)<sup>[58]</sup>、功能性核磁共振成像(fMRI)<sup>[59]</sup>、功能性近红外光谱技术(fNIRS)<sup>[60]</sup>等脑功能成像工具检测设计状态下的大脑活动。

## 3.2 应用方向展望

### 3.2.1 设计教育的创造力培养

从创造力的角度来看,克服认知的局限性,增强学生的创造力是设计教育的核心问题之一。当今时代下创新竞争力是社会生产、国家进步与个人能力提高的动力源,而设计学科作为国家高等教育一级学科,当前主流的设计教育核心思想也是培养与提高学生的创造力。当前国内关于设计教育的研究主要关注教学形势、方法、课堂设计以及学生作业等,着手点仍然较为传统。此外,由于设计活动本身的复杂性,经验丰富的设计师在设计过程中展现的隐性知识难以外化,因此“学徒制”的学习模式仍然根植于设计教育的系统中,亟需新的手段在设计教育中促进这些隐性知识的传播。关于设计认知策略的新知识带来了设计认知更丰富更细致的理解,可以为教育工作者提供新的反馈。VILLANUEVA I 等人<sup>[61]</sup>指出不同教学形式和设计方法练习对设计专业学生在课程中参与度和情绪的影响。因此,在教师层面,以设计认知策略为出发点开展设计教学,优化教学策略和课程设计,灵活引导学生使用不同的问题解决策略,是促进学生认知能力发展的有效手段;在学生层面,通过学习设计认知策略的知识,可以根据自身实际情况取长补短,更好地理解在设计中如何思考和处理信息,控制创造性过程的发展,进一步增强产出更高创造性成果的机会。

### 3.2.2 计算机辅助设计工具

计算机辅助设计(CAD)工具大大提高了设计生

产的效率,创建基于设计认知策略的计算机辅助设计工具的需求是巨大的。在未来的设计工作中,能够匹配个人设计习惯的设计工具具有更强的优势,而计算机辅助设计工具能够满足这一点。它能够更好地记录设计工作者的设计过程,帮助准确抓取自身设计行为的短板,提供有效的策略支持和信息保障,促进设计师对当前设计进程的有效思考,提高设计过程中设计认知策略的组织性和科学性。SUN L 等人<sup>[62]</sup>基于创造性片段(Creative Segment)理论,研究了设计素描过程中的创造性活动的一般模式和笔画特征,开发了可以识别出创造性片段的计算机辅助设计系统。曹菲<sup>[63]</sup>开发了果蔬气调包装设计的CAD系统,优化了设计流程和系统界面,提高了果蔬气调包装设计的效率和可靠性。

### 3.2.3 基于人工智能问题解决模型的开发

人工智能技术已经日渐成熟,其目标之一是研究人的思维活动,如识别、推理、归纳、学习、思考、设计和问题解决等,并将其范式输入计算机程序来帮助人们解决需要付出认知努力的实际问题。目前,人工智能在解决设计问题方面已经取得了一些技术上的进步。比如阿里巴巴的“鲁班”智能设计系统,经过长时间的深度学习与进化,已经可以在短短的几秒钟内完成上万张高质量的海报设计。然而,其深度学习的基础还是源于对海报设计技术的理解、设计元素的框架和问题解决模型的开发。正如LLOYD P<sup>[64-65]</sup>提出的,虽然“技术”推动了进步,但所有技术的核心源于设计和设计过程。因此,与设计认知策略相关的知识有可能支持新模型的开发,基于设计认知策略的问题解决模型的建立可能是让“机器”开始“设计”的第一步,也是设计的专家系统建立的基础,届时对设计认知策略的理解也必将提升到一个新的高度。

## 4 结语

当下设计师面对着越来越多开放、复杂、动态、多维度问题,设计实践本身也在迅速发展,有效地产生创新思维仍然是一个挑战。如果能以不同认知策略为根基促进创新,设计师将获得更大的优势,从而增加产生优秀的设计成果的可能性。因此,获得对设计认知策略的新见解,设计认知行为研究对工业设计创造力、设计实践及设计教育都至关重要。另外,设计认知策略的研究还有更多的潜在方向,包括针对设计认知策略开发的设计方法和使用时心理状态的变化,这些问题都有待进行进一步研究。

## 参考文献:

- [1] SIMON H A. The Structure of Ill-structured Problems [J]. Artificial Intelligence, 1973(4): 181-201.

- [2] 辛自强. 问题解决研究的一个世纪: 回顾与前瞻[J]. 首都师范大学学报(社会科学版), 2004(6): 101-107.  
XIN Zi-qiang. The Century of Researches on Problem-Solving: Retrospection and Prospect[J]. Journal of Capital Normal University (Social Sciences Edition), 2004(6): 101-107.
- [3] NEWELL A S H. Human Problem Solving[M]. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1972.
- [4] 陈超萃. 风格与创造力: 设计认知理论[M]. 天津: 天津大学出版社, 2016.  
CHEN Chao-cui. Style and Creativity: Cognitive Theory of Design[M]. Tianjin: Tianjin University Press, 2015.
- [5] ADAMS J W. Individual Differences in Mathematical Ability: Genetic, Cognitive and Behavioural Factors[J]. Journal of Research in Special Educational Needs, 2007, 7(2): 97-103.
- [6] LEMAIRE P, SIEGLER R S. Four Aspects of Strategic Change: Contributions to Children's Learning of Multiplication[J]. Journal of Experimental Psychology: General, 1995, 124(1): 83.
- [7] 刘征, 孙守迁. 产品设计认知策略决定性因素及其在设计活动中的应用[J]. 中国机械工程, 2007(23): 2813-2817.  
LIU Zheng, SUN Shou-qian. Determined Element of Product Design Strategies and Its Applications in Design[J]. China Mechanical Engineering, 2007(23): 2813-2817.
- [8] CROSS N. Expertise in Design: An Overview[J]. Design Studies, 2004, 25(5): 427-441.
- [9] NEWELL A. Reasoning, Problem Solving, and Decision Processes: The Problem Space as a Fundamental Category[C] International Conference on Computer Graphics. ACM, 1980.
- [10] MAHER M L, POON J. Modeling Design Exploration as Co-evolution[J]. Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering, 1996, 11(3): 195-209.
- [11] MALHOTRA A, THOMAS J C, CARROLL J M, et al. Cognitive Processes in Design[J]. International Journal of Man-machine Studies, 1980, 12(2): 119-140.
- [12] EISENTRAUT R. Styles of Problem Solving and Their Influence on the Design Process[J]. Design Studies, 1999, 20(5): 431-437.
- [13] KRUGER C, CROSS N. Solution Driven Versus Problem Driven Design: Strategies and Outcomes[J]. Design Studies, 2006, 27(5): 527-548.
- [14] AHMED S, WALLACE K M, BLESSING L T. Understanding the Differences between how Novice and Experienced Designers Approach Design Tasks[J]. Research in Engineering Design, 2003, 14(1): 1-11.
- [15] JIN Y, CHUSILP P. Study of Mental Iteration in Different Design Situations[J]. Design studies, 2006, 27(1): 25-55.
- [16] CHUSILP P, JIN Y. Impact of Mental Iteration on Concept Generation[J]. Journal of Mechanical Design, 2006(128): 14-25.
- [17] LAWSON B R. Cognitive Strategies in Architectural Design[J]. Ergonomics, 1979, 22(1): 59-68.
- [18] CHAN C S. Cognitive Processes in Architectural Design Problem Solving[J]. Design Studies, 1990, 11(2): 60-80.
- [19] CHRISTIAANS H, DORST K H. Cognitive Models in Industrial Design Engineering: a Protocol Study[J]. Design Theory and Methodology, 1992, 42(1): 131-140.
- [20] LLOYD P, SCOTT P. Discovering the Design Problem [J]. Design Studies, 1994, 15(2): 125-140.
- [21] SUWA M, PURCELL T, GERO J. Macroscopic Analysis of Design Processes Based on a Scheme for Coding Designers Cognitive Actions[J]. Design Studies, 1998, 19(4): 455-483.
- [22] ATMAN C J, CHIMKA J R, BURSIC K M, et al. A Comparison of Freshman and Senior Engineering Design Processes[J]. Design Studies, 1999, 20(2): 131-152.
- [23] DORST K, CROSS N. Creativity in the Design Process: Co-evolution of Problem-solution[J]. Design Studies, 2001, 22(5): 425-437.
- [24] MAHER M, TANG H H. Co-evolution as a Computational and Cognitive Model of Design[J]. Research in Engineering design, 2003, 14(1): 47-64.
- [25] KRUGER C, CROSS N. Solution Driven Versus Problem Driven Design: Strategies and Outcomes[J]. Design Studies, 2006, 27(5): 527-548.
- [26] CROSS N. 设计师式认知[M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2013.  
CROSS N. Designerly Ways of Knowing[M]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology Press, 2006.
- [27] 刘征, 孙守迁, 潘云鹤. 基于信息框架的设计师认知策略划分及应用[J]. 浙江大学学报(工学版), 2009, 43(5): 884-889.  
LIU Zheng, SUN Shou-qian, PAN Yun-he. Information Framework Based Designers' Cognitive Strategies Classification and Its Application[J]. Journal of Zhejiang University (engineering science), 2009, 43(2): 884-889.
- [28] BALL L J, ONARHEIM B, CHRISTENSEN B T. Design Requirements, Epistemic Uncertainty and Solution Development Strategies in Software Design[J]. Design Studies, 2010, 31(6): 567-589.
- [29] JIANG H, GERO J S, YEN C C. Exploring Designing Styles using a Problem-solution Division[C]. Berlin: Springer, 2014.
- [30] LU C C. The Relationship between Student Design Cognition Types and Creative Design Outcomes[J]. Design Studies, 2015(36): 59-76.
- [31] SUN G, YAO S, CARRETERO J A. An Experimental Approach to Understanding Design Problem Structuring Strategies[J]. Journal of Design Research, 2016, 14(1): 94-117.
- [32] MURRAY J K, STUDER J A, DALY S R, et al. Design by Taking Perspectives: How Engineers Explore Problems[J]. Journal of Engineering Education, 2019, 108(2): 248-275.
- [33] CRILLY N, FIRTH R M. Creativity and Fixation in the Real World: Three Case Studies of Invention, Design and Innovation[J]. Design Studies, 2019(64): 169-212.
- [34] CROSS N. Descriptive Models of Creative Design: Application to an Example[J]. Design Studies, 1997, 18(4): 427-455.
- [35] VISSER W. Design: One but in Different Forms[J]. Design Studies, 2009, 30(3): 187-223.

- [36] 姚君, 刘淼, 陈亚明, 等. 基于人机工程学知识的设计认知与应用方法研究[J]. 包装工程, 2010, 31(6): 5-8. YAO Jun, LIU Miao, CHEN Ya-ming, et al. Research on Design Cognition and Application Methods for Ergonomics[J]. Packing Engineering, 2010, 31(6): 5-8.
- [37] CROSS N. Developing Design as a Discipline[J]. Journal of Engineering Design, 2018, 29(12): 691-708.
- [38] CHENG P, MUGGE R, SCHOORMANS J P L. A New Strategy to Reduce Design Fixation: Presenting Partial Photographs to Designers[J]. Design Studies, 2014, 35(4): 374-391.
- [39] 李发权, 熊德国, 熊世权. 设计认知过程研究的发展与分析[J]. 计算机工程与应用, 2011, 47(20): 24-27. LI Fa-quan, XIONG De-guo, XIONG Shi-quan. Development and Analysis of Design Cognition Process Research[J]. Computer Engineering and Applications, 2011, 47(20): 24-27.
- [40] WILTSCHNIG S, CHRISTENSEN B T, BALL L J. Collaborative Problem-solution Co-evolution in Creative Design[J]. Design Studies, 2013, 34(5): 515-542.
- [41] ZHAO D, LI R, ZHAO J. Affective Judgment in Creative Design: A Method of Fitness Evaluation to the Problem Solution Spaces[J]. International Journal of Industrial Ergonomics, 2019, 71:84.
- [42] DORST K. Co-evolution and Emergence in Design[J]. Design Studies, 2019(65): 60-77.
- [43] BALL L J, CHRISTENSEN B T. Advancing an Understanding of Design Cognition and Design Metacognition: Progress and Prospects[J]. Design Studies, 2019(65): 35-59.
- [44] SMEENK W, TOMICO O. A Systematic Analysis of Mixed Perspectives in Empathic Design: Not one Perspective Encompasses All[J]. International Journal of Design, 2016, 10(2): 31-48.
- [45] GRAFF D, Clark M A. Communication Modes in Collaboration: an Empirical Assessment of Metaphors, Visualization, and Narratives in Multidisciplinary Design Student Teams[J]. International Journal of Technology and Design Education, 2019, 29(1): 197-215.
- [46] DORST K, DIJKHUIS J. Comparing Paradigms for Describing Design Activity[J]. Design Studies, 1995, 16(2): 261-274.
- [47] SUN G, YAO S, CARRETERO J A. Comparing Cognitive Efficiency of Experienced and Inexperienced Designers in Conceptual Design Processes[J]. Journal of Cognitive Engineering and Decision Making, 2014, 8(4): 330-351.
- [48] KLEINSMANN M, VALKENBURG R, SLUIJS J. Capturing the Value of Design Thinking in Different Innovation Practices[J]. International Journal of Design, 2017, 11(2): 25-40.
- [49] SCHØNHEYDER J F, NORDBY K. The Use and Evolution of Design Methods in Professional Design Practice[J]. Design Studies, 2018(58): 36-62.
- [50] KAN J W T, GERO J S. Quantitative Methods for Studying Design Protocols[M]. Dordrecht: Springer, 2017.
- [51] KIM E J, KIM K M. Cognitive Styles in Design Problem Solving: Insights from Network-Based Cognitive Maps[J]. Design Studies, 2015(40): 1-38.
- [52] STACEY M, ECKERT C. Reshaping the Box: Creative Designing as Constraint Management[J]. International Journal of Product Development, 2010, 11(34): 241.
- [53] SHROYER K, LOVINS T, TURNS J, et al. Timescales and Ideospace: An Examination of Idea Generation in Design Practice[J]. Design Studies, 2018(57): 9-36.
- [54] BALL L J, ORMEROD T C. Applying Ethnography in the Analysis and Support of Expertise in Engineering Design[J]. Design Studies, 2000, 21(4): 403-421.
- [55] SUN L, XIANG W, CHAI C, et al. Designers' Perception During Sketching: An Examination of Creative Segment Theory Using Eye Movements[J]. Design Studies, 2014, 35(6): 593-613.
- [56] NGUYEN P, NGUYEN T A, ZENG Y. Segmentation of Design Protocol Using EEG[J]. Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing: AI EDAM, 2019, 33(1): 11-23.
- [57] VILLANUEVA I, CAMPBELL B D, RAIKES A C, et al. A Multimodal Exploration of Engineering Students Emotions and Electrodermal Activity in Design Activities [J]. Journal of Engineering Education, 2018, 107(3): 414-441.
- [58] LIU L, LI Y, XIONG Y, et al. An EEG Study of the Relationship between Design Problem Statements and Cognitive Behaviors During Conceptual Design[J]. Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing: AI EDAM, 2018, 32(3): 351-362.
- [59] GERO J S, MILOVANOVIC J. A Framework for Studying Design Thinking through Measuring Designers Minds, Bodies and Brains[J]. Design Science, 2020(6).
- [60] 杨海波. 认知神经科学与人机交互的融合: 人机交互研究的新趋势[J]. 包装工程, 2019, 40(22): 55-63. YANG Hai-bo. The Fusion of Cognitive Neuroscience and Human-Computer Interaction: New Trends in Human-Computer Interaction research[J]. Packing Engineering, 2019, 40(20): 55-63.
- [61] VILLANUEVA I, CAMPBELL B D, RAIKES A C, et al. A Multimodal Exploration of Engineering Students Emotions and Electrodermal Activity in Design Activities [J]. Journal of Engineering Education, 2018, 107(3): 414-441.
- [62] SUN L, XIANG W, CHAI C, et al. Creative Segment: A Descriptive Theory Applied to Computer-aided Sketching[J]. Design Studies, 2014, 35(1): 54-79.
- [63] 曹菲. 果蔬气调包装计算机辅助设计方法研究[J]. 包装工程, 2015, 36(3): 15-21. CAO Fei. CAD Method for Modified Atmosphere of Fruits and Vegetables[J]. Packing Engineering, 2015, 36(3): 15-21.
- [64] LLOYD P. You Make It and You Try It out: Seeds of Design Discipline Futures[J]. Design Studies, 2019(65): 167-181.
- [65] 李天赠, 黄红梅, 陈家静, 等. 基于实验分析与数值模拟技术的产 品概念设计方法[J]. 图学学报, 2020, 41(1): 132-140. LI Tian-zeng, HUANG Hong-mei, CHEN Jia-jing, et al. Product conceptual design method based on experimental analysis and numerical simulation technology[J]. Journal of Graphics, 2020, 41(1): 132-140.