

【设计研讨】

面向辅助创意设计的个人创造力支持系统研究

周楚轶^{1,2}, 柴春雷^{1,2}, 廖静²

(1.浙大城市学院, 杭州 310015; 2.浙江大学, 杭州 310027)

摘要: **目的** 创造力是科学、技术和文化的核心驱动力, 如何提升创造力一直是学界研究的热点和焦点。不少研究提出, 可以通过构建创造力支持系统, 帮助个人和群体实现创造力提升。**方法** 通过对国内外 111 篇文献的集中梳理, 对于其中涉及辅助创意设计的 83 个个人创造力支持系统进行了量化分析。**结论** 系统地厘清了当前国内外面向创意设计的个人创造力支持系统的概念定义、适用领域、支持阶段、支持方法和支持设备, 前瞻性地提出了未来可以重点关注的内容和方向, 为后续研究提供了有益的借鉴和参考。面向辅助创意设计的个人创造力支持系统研究, 应关注与设计智能的深度融合、跨领域知识借鉴、动态刺激调整、用户个性化定制、多样设计场景支持、多领域应用等方向。

关键词: 创造力; 设计; 创造力支持系统; 个人创造力支持系统; 辅助创意设计; 研究综述

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2022)02-0251-10

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2022.02.033

A Literature Review on Design Oriented Individual Creativity Support System

ZHOU Chu-yi^{1,2}, CHAI Chun-lei^{1,2}, LIAO Jing²

(1.Zhejiang University City College, Hangzhou 310015, China;

2.Zhejiang University, Hangzhou 310027, China)

ABSTRACT: Creativity is the driving force of innovation in scientific, technological and cultural aspects. Creativity Support Systems have been shown to improve creative output of practitioners. This article contributes a literature review on design oriented individual creativity support system (ICSS). We review latest work, research domain, the stages supported and devices used in design-oriented-ICSS. A thorough examination of over 111 literatures (83 digital tools) is carried out, providing the action channel for emerging design-oriented-ICSS that would better support the creative process. The future research of design-oriented-ICSS should focus on design intelligence integrated, cross-domain knowledge reference, dynamic stimulus adjustment, user personalized customization, diverse design scenarios support, and multi-domain applications.

KEY WORDS: creativity; design; creativity support system; individual creativity support system; design aided; literature review

创造力是科学、技术和文化创新背后的驱动力, 被认为是 21 世纪的关键能力之一, 在现代的组织中承担着重要的角色^[1-2]。随着创新思维研究的日趋成熟和信息技术的进一步发展, 如何借助计算机的创新支持工具, 打破思维边界提高创造力, 成为了研究的热点。在不同领域的信息支持系统, 包括知识管理系统 (Knowledge Management Systems, KMS)、决策

支持系统 (Decision Support Systems, DSS) 和群体支持系统 (Group Support Systems, GSS) 等研究的基础上, 创造力支持系统 (Creativity Support System, CSS) 应运而生^[3]。创造力支持系统, 是一种基于计算机技术的对于创造活动给予支持的系统, 它可以激发个人及团队潜能, 以期获得创造性的产出^[3]。

创造力支持系统按照使用语境来分, 可以分为群

收稿日期: 2021-02-10

基金项目: 浙江省哲学社会科学规划课题 (20NDQN320YB)

作者简介: 周楚轶 (1985—), 女, 浙江人, 博士, 浙大城市学院讲师, 主要研究方向为设计思维、设计智能。

通信作者: 柴春雷 (1978—), 男, 河南人, 博士, 浙江大学教授, 主要研究方向为数字化艺术与设计与设计。

体创造力支持系统(Group Creativity Support Systems, GCSS)和个人创造力支持系统(Individual Creativity Support System, ICSS)两大类^[3]。对于前者,国内的研究最早则可以追溯到钱学森先生提出的“大智慧工程”和综合集成研讨厅(Hall for Workshop of Meta-synthetic Engineering, HWMSE),当下则有CWME(Cyberspace for Workshop of Metasynthetic Engineering),ECB(Electric Common Brain),GAE(Group Argumentation Environment)等系统用于群体创造力支持。反观后者,国内的研究则相对较少,缺乏系统的综述和梳理。个人创造力不仅可以有效支持个体进行创新,同时也是团队活动中不可或缺的一个部分,个人创造力的发展有助于组织创造力和组织决策力的提升。因为在团队合作中,有着相当一部分的决策和创造性工作是由个体来完成的。按照适用领域来分,创造力支持系统已经被广泛应用于计算机辅助设计、知识管理、音乐创作^[4]、文学创作^[5-11]等多个领域。

党的十九大报告中指出,“我国经济已由高速增长阶段转向高质量发展阶段,正处在转变发展方式、优化经济结构、转换增长动力的攻关期”。在这个经济高质量发展的新时代,设计行业正面临着各种新的重大挑战和机遇,研究和设计领域的创造力支持,不仅可以带来实效的应用收益,更可以给该领域带来新的研究范式。由此,本文将着力于分析面向辅助创意设计的个人创造力支持系统。那么,面向辅助创意设计的个人创造力支持系统的研究现状是怎样的?目前国内外有哪些辅助创意设计的个人创造力支持系统,他们可以给个人的创造力的拓展带来哪些方面的支持?他们之间的异同有什么?面向辅助创意设计的个人创造力支持系统未来的研究方向又是什么?本文将通过文献的梳理和量化分析的方式,分析面向辅助创意设计的个人创造力支持系统的研究现状、研究热点,逐一解答上述问题,为未来的研究提供思路。

1 文献研究方法

本研究英文文献分别采用“Creativity Support System”“Design”和“Individual Creativity Support System”“Design”两组关键词在Web of Science的核心数据库中检索相关文献,并在此基础上用HistCite对检索到的719篇和95篇文献进行综合分析。其中,创新力支持系统的部分重点分析了“本地数据集引用次数”(LCS, Local Citation Score)和“引用本地数据集参考文献次数”(LCR, Local Cited References)分值较高的各30篇文献,用于厘清研究领域和研究趋势。而个人创造力支持系统的部分则采用人工的方式进行全面的梳理。中文文献部分采用“创造力支持

系统”“设计”和“个人创造力支持系统”3个关键词,在知网和万方的数据库中手工梳理了近15年的相关文献。最终本研究纳入了111篇文章做分析和整理,文献研究方法见图1。

2 面向辅助创意设计的个人创造力支持系统

2.1 个人创造力支持系统如何实现对个人创造力的支持

个人创造力支持系统如何对实现个人创造力的支持?要解答这个问题,必须从两个角度来探讨:首先,什么是个人创造力,它受到哪些因素的影响;其次,如何通过个人创造力支持系统激发个人创造力。

2.1.1 什么是个人创造力

创造力本身可以被认为原创和有用的东西的产生^[12]。个人的创造力受到动态系统、资源系统和基础系统^[13]3个方面的影响。动态系统由个性、智力、内在动机、思维方式和创造性行为组成,是开展创意设计活动所必需的动力和机制;基础系统是指周围环境提供的支持,包括教育水平、组织环境、家庭经济 and 物质条件,以及社会文化环境等;资源系统是指设计人员在创意产品设计过程中可以获得的资源支持,包括知识、信息、设计技术和计算机支持工具^[13]。虽然基础系统在短时间内无法控制且不可更改,但是,通过改变资源系统可以促进动态系统中的某些因素^[13]。随着信息技术和计算机技术的飞速发展,借助计算机支持工具更改资源系统,激活设计师的创造性行为,即为设计师提供个人创造力支持系统,个人设计师创造力模型^[13]见图2。

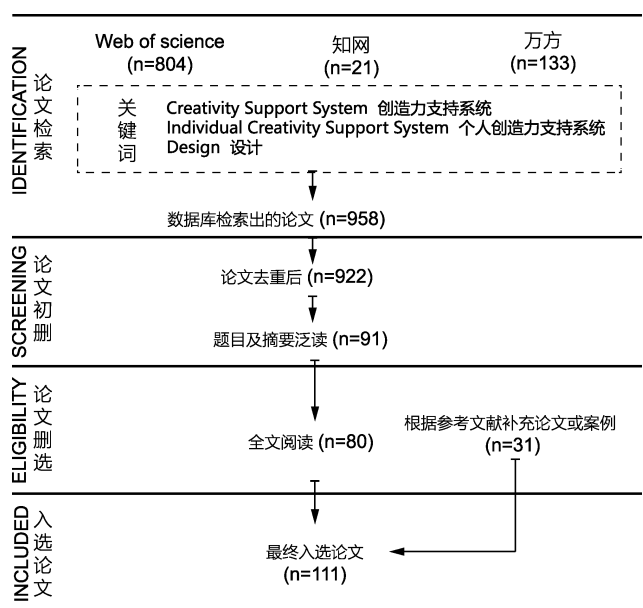


图1 文献研究方法

Fig.1 Literature research method

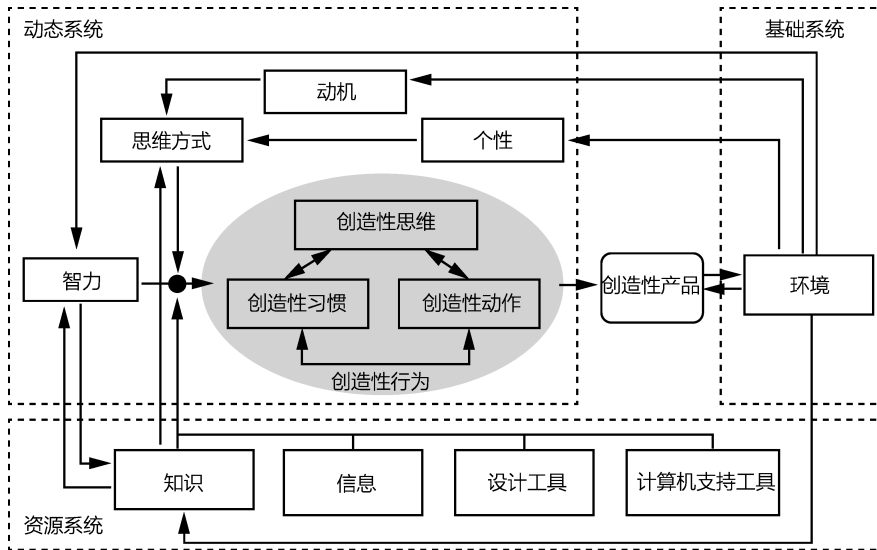


图 2 个人设计师创造力模型
Fig.2 Creativity model for individual designers

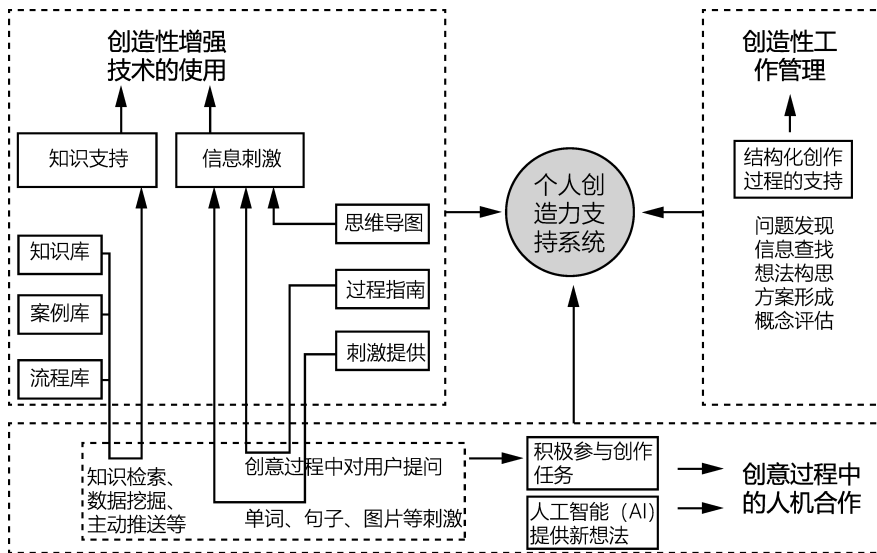


图 3 个人创造力支持系统研究框架
Fig.3 A framework of individual creativity support system

2.1.2 如何通过个人创造力支持系统激发个人创造力

个人创造力支持系统旨在支持用户获取领域知识，打破思维边界，通过刺激和记录创造性过程来增强创造力，以及为用户提供新的有关创造性任务的知识，从而赋予他们新的任务解决能力^[14-16]。它通过 3 种方式促进个人创造力，分别为创造性工作的管理、促进创意过程中的人机合作和创造力增强技术的使用。个人创造力支持系统研究框架见图 3。

创造性工作的管理是指利用个人创造力支持系统收集和展示想法，从而实现对于结构化创作过程的支持，这一类型的系统又被称为构思管理系统（IMS）。促进创意过程中的人机合作是指个人创造力支持系统依托对人类认知过程的监控积极参与创作任务，为创造性任务提供更好的帮助。随着人工智能技术的发展，个人创造力支持系统也可以模拟人类

创造力，向用户提出新的想法。

创造力增强技术的使用是目前个人创造力支持系统中最为常见的方式，它提供关于实施创意技术的帮助。从具体的形式上来说包含计算机辅助创意（CAC）或创意支持工具（CST），如电子头脑风暴系统（EBS）和 TRIZ 发明性问题解决方法等，而从功能原理上来分它包含提供知识支持和信息刺激两个部分^[17]。知识支持，主要是指在创新过程中，依托知识管理系统对知识进行有效组织，形成知识库、案例库、流程库等，借用知识检索、数据挖掘、主动推送等方式及时准确提供知识支持，辅助创新及决策过程。而信息刺激，则是指通过提供刺激信息，帮助突破思维定式（Design Fixation），从而促进创造力。常见的信息刺激工具有 3 种类型：思维导图（Mind Mapping）、过程指南（Process Guide）和刺激提供

(Stimuli Provider)^[16]。思维导图要求人们通过在纸上或计算机上绘制带有关联的地图来明确他们与目标问题的关联,激发人们对关联记忆的更彻底的探索,从而产生新的想法。过程指南通过在创意过程中对用户提问,从而激发用户的发散和收敛思维。刺激提供给用户提供单词、句子、图片和诗歌的刺激,帮助用户搜索联想记忆以获取相关知识^[18]。

2.2 面向辅助创意设计的个人创造力支持系统

作为个人创造力支持系统中重要的研究领域之一,面向辅助创意设计的个人创造力支持系统,主要是关注创意设计过程中的创造力支持。它包含了创造性工作管理、创造性增强技术的使用和创意过程中的人机合作3个部分。由于其主要面向辅助创意设计的领域,需要支持结构化的创作过程^[19],在具体的支持阶段中其表现出了领域的一些特性。

创意设计的步骤见图4,一般的创意设计过程可以分为开始、分析、构思、定案、评估和后期开发6

个不同的阶段,通常后期开发中包含较少的创造力部分。由此与之相对应的面向辅助创意设计的个人创造力支持系统提供问题分析(Problem Finding & Analysis)、信息查找(Information Finding)、想法构思(Idea Finding)、方案形成(Solution Finding)、方案评估(Evaluation)5个阶段的创造力支持。也就是说,依托创造力支持系统,用户可以进行问题分析,收集和删选相关信息,生成尽可能多的创意想法,从中选出最好的想法进行方案的细化,形成解决方案,最后对方案进行评估。

3 现有的面向辅助创意设计的个人创造力支持系统对比分析

现有的面向辅助创意设计的个人创造力支持系统,由于切入点不同,呈现多样化的趋势。本文通过文献梳理最终整理出了83个面向辅助创意设计的个人创造力支持系统见表1,并对其进行了对比分析。

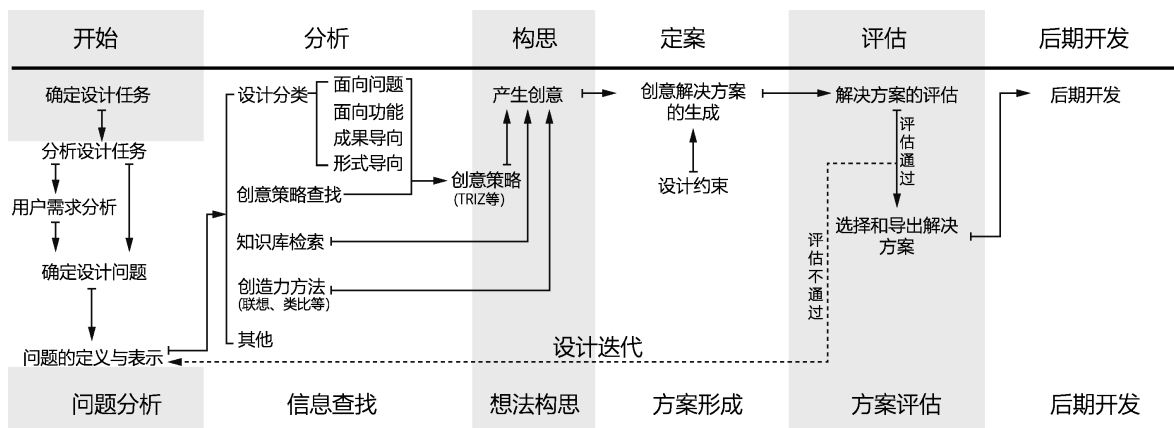


图4 创意设计的步骤

Fig.4 Creative design method

表1 面向辅助创意设计的个人创造力支持系统

Tab.1 List of design oriented individual creativity support systems

序号	系统名称	适用领域
1—9	CACDP ^[13] , CODA ^[20] , Galaxy ^[21] , OntoTag ^[22] , Rhino5.0 ^[23] , 未命名 ^[24] , 未命名 ^[25] , 未命名 ^[26] , 未命名 ^[27]	产品设计
10—28	BioTRIZ ^[28] , DANE ^[29] , Goldfire Innovator ^[30] , Idea Inspire ^[31] , Idea Inspire 3.0 ^[32] , Idea-Inspire 4.0 ^[33] , Ideation Brainstorming ^[34] , Innovation Assistant ^[35] , Innovation WorkBench(IWB) ^[36] , Invention machine Goldfire ^[37] , MICA-graph ^[38] , REBUILDER ^[39] , TRIZAcquisition ^[40] , VRMDS ^[41] , 未命名 ^[42] , 未命名 ^[43] , 未命名 ^[44] , 未命名 ^[45] , 未命名 ^[40]	工程设计
29—30	Speak'n'Sketch ^[46] , 未命名 ^[47]	平面设计
31—83	360 ^[48] , 48 h Innovation Maker ^[49] , AskNature ^[50-51] , BrainDump ^[52] , Brainstorming Toolbox ^[53] , CDMSS ^[54] , CogniStreamer ^[55] , CombinFormation ^[56] , Creative Virtual Environment ^[57] , Creator Studio ^[58] , D-ABDUCTOR ^[59] , En Passant 2 ^[60] , Eureka! ^[61] , GENI ^[62] , Gi2MO ^[63] , GUNGEN ^[64] , Idea Expander ^[65] , Idea Rummet ^[66] , IdeaFisher ^[67] , IdeaStream ^[68] , Ideatree ^[69] , InnovationCast ^[70] , KJ Editor ^[71] , Knowcations ^[72] , Laboranova ^[73] , MindMapper professional edition ^[18] , ModLab+SeeMe ^[74] , Momentum ^[75] , MUSE ^[76] , NID 工具 ^[77] , ods/CONSULTANT ^[78] , OROC ^[79] , Patent Inspiration ^[80] , PIT Idea Management ^[81] , Semi-automated Question Generation ^[82] , SILA+CBDS ^[83] , Tatin-pic ^[66] , Team Storm ^[84] , ThoughtpathTM ^[18] , TRENDS ^[22] , USE(Uplift Seek Engine) ^[85] , VisuaPedia ^[86] , Wikideas+Creativity Connector ^[87] , 未命名 ^[88] , 未命名 ^[89] , 未命名 ^[90] , 未命名 ^[91] , 未命名 ^[92] , 未命名 ^[93] , 未命名 ^[94] , 未命名 ^[95] , 未命名 ^[96] , 未命名 ^[97]	普适领域

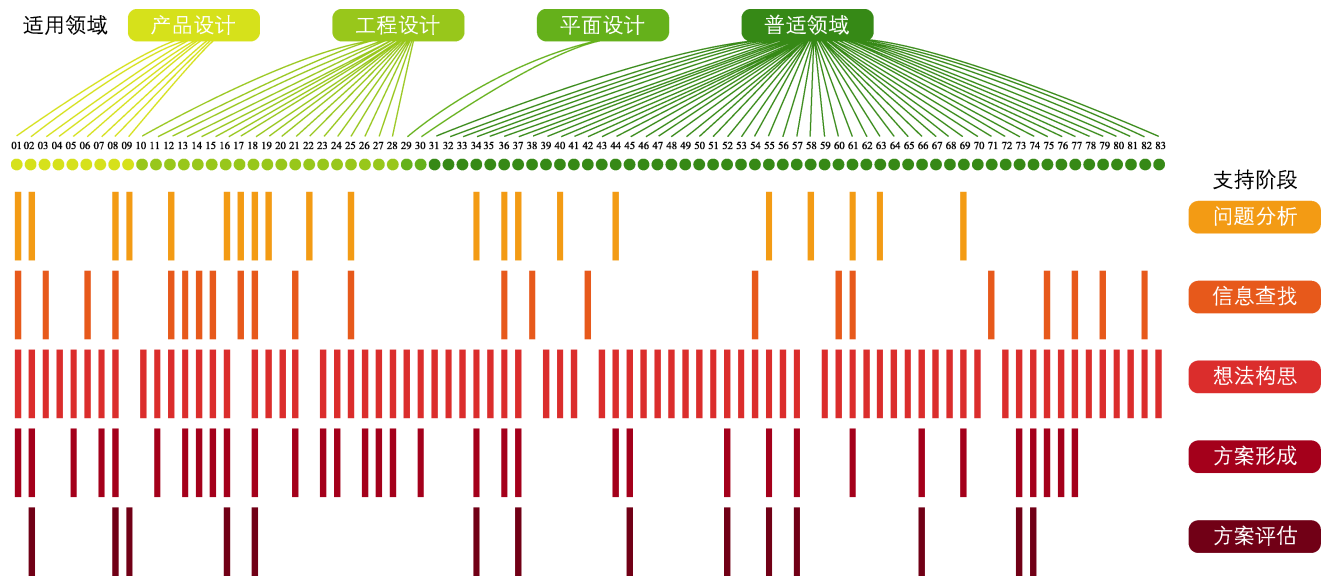


图 5 现有的面向辅助创意设计的个人创造力支持系统分析
Fig.5 Analysis of design oriented individual creativity support system

3.1 适用领域对比分析

通过现有的面向辅助创意设计的个人创造力支持系统分析见图 5，发现大部分的面向辅助创意设计的个人创造力支持系统，针对的是普适领域的创造力支持（53 / 83），即除了支持辅助创意设计外，该系统也支持其他领域的创造力相关活动。而在特定的领域研究中，主要包含产品设计、工程设计、平面设计等；VRMDS^[41]、Innovation Assistant^[35]、DANE^[29]等系统专注于工程设计领域的创新和方法；Speak'n'Sketch 等关注平面设计领域的想法发现^[46-47]，CACDP^[13]、OntoTag^[22]、Galaxy^[21]等对产品设计领域的创造力提供支持。

3.2 支持阶段对比分析

面向辅助创意设计的个人创造力支持系统通常包含：问题分析、信息查找、想法构思、方案形成、方案评估 5 个阶段的创造力支持。通过可视化分析发现，目前大部分的面向辅助创意设计的个人创造力支持工具仅支持一两个阶段（57/83），其中想法构思阶段是受到最多关注的领域（77/83）。其次方案形成（34/83）、信息查找（22/83）、问题分析（21/83）阶段的支持也是不少的系统的重要组成部分。另外，相对来说，方案评估（13/83）被探讨得较少，除此以外 InnocationCast^[70]还涉及了方案实施中的部分创造力支持。

仅有少数系统支持比较完整的 4~5 个阶段（11/83）。其中 Innovation WorkBench^[36]和 Yan Li 等人提出的^[26]两款软件包含了完整的 5 个阶段；CODA^[20]、Ideation Brainstorming^[34]、BrainDump^[52]、CogniStreamer^[55]和 Laboranova^[73]提供了问题分析、想法构思、方案形成和方案评估阶段的支持；CACDP^[13]、CDMSS^[54]和 ods/CONSULTANT^[78]提供了问题分析、信息查找、

想法构思、方案形成阶段的支持；InnovationCast^[70]则提供了想法构思、方案形成、方案评估、想法实施等领域的支持。

3.2.1 支持问题分析阶段的方法

产品设计、工程设计和普适领域的个人创造力支持系统，都有对于问题分析阶段的支持。ThoughtpathTM^[18]、ods/CONSULTANT^[78]提供了包含问题识别的过程指南；CDMSS^[54]、GENI^[62]帮助分析问题元素；Hori 等人^[43]的研究致力于实现概念空间的可视化，Semi-automated Question Generation^[82]提供了半自动生成问题作为外部刺激；而 CACDP^[13]和 TRIZAcquisition^[40]则提供了相对来说较为复杂的问题重构的方法。

3.2.2 支持信息查找阶段的方法

信息查找是创造力工作总结不可或缺的一部分，目前的面向辅助创意设计的个人创造力支持系统中知识库^[13,26,91]（包含仿生数据库^[31-33]、类比数据库^[39]、专利库^[30,36]、前期研究数据库^[60]等）的使用是最为常见的方式，其包含本地知识库和基于网络的知识库两种使用类型。同时也有研究开始探索更智能化的方向，包含利用文献发现和数据合成（Data Synthesis）发现机会点^[21,24]，利用关键词迭代^[77]来识别相关的新颖信息等。

3.2.3 支持想法构思阶段的方法

想法构思阶段在整个创造力过程中是一个思维发散的阶段，也是目前面向辅助创意设计的个人创造力支持系统研究中受到最多关注的领域。在想法构思阶段的支持中，基于人工智能技术，采用专家系统类比，基于案例推理、神经网络和遗传算法等智能技术是增加设计概念数量的主要方法^[13]。其中 Ideatree、

Ideafisher 等人^[69]提供了多样化的思维导图组织方式；Ods/Consultant^[78]注重设计过程的引导；而不同类型的信息刺激被认为是对效果影响最大的方式^[98]；CreativeFlow、MUSE^[76]、LEAPS 等人^[18]提供以前的成功案例以触发新想法；GENI 支持问题中不同元素的联系^[62]；BioMaps^[95]、DANE^[29]、AskNature^[50-51]、Idea-Inspire 等人^[31]支持隐喻和类比思维，另外也有研究通过提供情感或成就启动^[92,94]，通过自由联想促进思考^[62]，支持迭代和实验^[63]，基于语义的图像检索算法制作情绪版^[22]等方式促进新想法的产生。

3.2.4 支持方案形成阶段的方法

与想法构思阶段相对比，方案形成阶段则是一个思维收敛的过程，是将前期方案进行细化、组合或提炼的过程。在面向辅助创意设计的个人创造力支持系统中，并没有非常复杂的支持该阶段的方法，通常是作为一种过程指南，或者是展示相关完整案例以帮助深化^[29,40,42,44,89]。当然，在特定的领域，比如在产品设计中，3D-CAD^[23]也是一种很好的方案形成阶段的支持方法。

3.2.5 支持方案评估阶段的方法

方案评估阶段的工作通常会由专家组来完成，因此目前面向辅助创意设计的个人创造力支持系统中该部分涉及得较少。将现有方案与理想方案进行比较是目前较为常见的支持方式，包含 TRIZ^[26-28,36]、I-TRIZ^[34]等方法的使用。

3.3 支持的数字设备分析

目前，大部分的面向辅助创意设计的个人创造力支持系统仅支持电脑软件(56/83)或网络服务(20/83)，CogniStreamer^[55]和 PIT Idea Management^[81]同时支持两者。在具体的数字设备支持方面，仅少数的系统(5/83)支持智能手机^[66,74,88]、互动桌面^[66,74,88]、墙面展示^[84]、交互式电子白板^[66]和虚拟现实^[41]等。

4 现有的面向辅助创意设计的个人创造力支持系统的局限性及未来研究方向

尽管个人创造力支持系统在辅助创意设计方面表现出了巨大的潜力，但是它也存在一定的局限性。首先，个人创造力支持系统缺乏哲学、美学、人性友好认知层面的理解能力，在设计过程中这些层面的知识仍然主要依托设计师。因此，个人创造力支持系统很难在哲学、美学、人性友好认知等层面对设计创造力提供促进作用。其次，个人创造力支持系统在高层规划、决策和组织能力上存在一定的欠缺。这一特性也决定了其在方案形成和方案评估阶段的创造力支持中发挥的作用较为有限。再次，个人创造力支持系统的效果在很大程度上依托于设计师本身的知识推理能力，受到设计师个人创造力动态系统和基础系统

的制约。在后续的面向辅助创意设计的个人创造力支持系统的研究中，应当着力于探索面向辅助创意设计的个人创造力支持系统的智能化、精细化、动态化、定制化、多样化等方向。

4.1 设计智能带来新机遇

尽管创造力理论建议需要从创造力的不同阶段来激发创造力，但是目前的面向辅助创意设计的个人创造力支持系统通常仅支持一个或两个阶段。其中想法构思是得到最多关注的阶段，而问题分析、信息查找、方案形成和方案评估阶段的创造力支持需要进一步研究。设计智能(Design Intelligence)作为人工智能的重要分支，发展迅速，在用户需求分析、创意激发、方案生成和设计评价方面都表现出了一定的潜力^[99]，将智能设计更好地融入面向辅助创意设计的个人创造力支持系统，尤其是问题分析、方案迭代^[100]和方案评估的环节，可以带来新的研究思路，更好地帮助实现设计的有效迭代。

4.2 跨领域借鉴可以拓宽特定设计领域的思路

个人创造力支持的方法在不同的领域中存在着一定的差别，跨领域的借鉴可以拓宽特定设计领域的思路，促进该领域的精细化研究。以产品设计领域为例，工程设计领域的问题重构^[40]，基于仿生进行的数据库类比搜索^[31-33]、概念空间的可视化^[43]；普适设计领域的问题识别^[78]、问题元素分析^[54]、系统半自动生成问题^[82]、关键词迭代^[77]等均可以帮助产品设计领域的个人创造力支持系统实现新的突破。

4.3 动机启动和动态刺激是想法构思阶段新的机会点

通过文字和视觉刺激，促进联想和类比推理是目前面向辅助创意设计的个人创造力支持系统广泛采用的构思阶段的支持方法。创造力的组成理论认为，任务动机是创造力的重要组成部分^[101]。前期的相关研究表明，启动刺激可以使个人的创意产出增加10%~40%^[102]，情绪启动(Affective Priming)^[94,103]和成就启动(Achievement Priming)^[92]均被认为可以提高创造力。开展基于动机启动(Motivational Priming)的探索可以拓宽本领域的研究思路。

另外，在想法构思阶段中，联想记忆模型(Search for Ideas in Associative Memory Model)指出，想法会随着搜索提示而激活长期记忆中的知识，随后在工作记忆中对激活的知识进行处理，从而导致新的关联，进而产生想法^[104]。然而并非所有的刺激都能促进创造力，知识管理系统产生的知识重用会抑制个人的创造性表现，特别是在定性维度上^[91]。设计案例也会在一定程度上损害创造力^[105]，由此如何提供有效的“动态刺激”^[19]仍然是本领域需要着力研究的方向，即如何在想法开始阶段提供无关的刺激而在想法后期阶段提供相关的刺激从而促进个人的创造力。

4.4 基于用户差异的个性化定制值得探讨

在设计领域中,前期的研究表明,新手和专家在问题分解^[106,107]、类比推理^[108]等领域均存在一定的差异。然而目前的面向辅助创意设计的个人创造力系统中,对于不同用户(例如专家与新手)和不同工作风格(例如系统方法与灵感驱动风格)缺乏有效支持。Resnick 等人的研究表明,定制工具可以有效地支持创造力^[109]。这种定制可以由用户手动管理,工具可以根据用户的工作方式自动调整^[110-111]。因此,个人创造力支持系统对于不同用户的有效支持是值得深入探讨的研究方向。

4.5 多样数字设备支持及新技术的使用

在数字设备方面,现有的面向辅助创意设计的设计个人创造力支持系统大部分都是电脑软件或网络服务,后期的研究中可以探索智能手机、互动桌面、墙面展示、交互式电子白板和虚拟现实等方式,满足多样化的设计场景需求。另外,新技术的使用,比如沉浸式虚拟现实(VR)^[112]也是一个值得探索的方向。调查结果显示,沉浸式虚拟现实状态的参与者拥有比纸笔状态更高质量的创意产品,其对于创造力表现有正面的影响。参与者的脑波的序列分析也表明,沉浸式虚拟现实状态的参与者可以保持更稳定的焦点或注意力。除此以外,3D虚拟环境(VE)也被证明可以给个人的认知和团队的想法生成带来正相关的影响^[113]。

4.6 探索多领域应用

面向辅助创意设计的个人创造力支持系统还可以探索在更多领域的运用,如服装设计、珠宝设计、环境设计领域等。不同的专业领域有着不同的学科范式,针对特定领域的研究可以提高系统的效果。

5 结语

本文通过整理和量化分析面向辅助创意设计的个人创造力领域的文献,归纳整理了目前个人创造力支持系统的研究框架,对现有的面向辅助创意设计的个人创造力支持系统的研究领域、支持过程、支持方法和数字设备进行了总结,并创造性地提出了智能设计的深度融合、跨领域知识借鉴、动态刺激调整、用户个性化定制、多样设计场景支持、多领域应用等未来的研究方向。

参考文献:

- [1] RITTER S M, FERGUSON S. Happy Creativity: Listening to Happy Music Facilitates Divergent Thinking[J]. PLOS ONE, 2017, 12(9): 182210.
- [2] PIIRTO J. Creativity for 21st Century Skills[M]. Springer, 2011(1): 1-12.
- [3] 唐锡晋,刘怡君.从群体支持系统到创造力支持系统[J].系统工程理论与实践,2006(5):63-71.
TANG Xi-jin, LIU Yi-jun. From Group Support System to Creativity Support System[J]. Systems Engineering Theory and Practice, 2006(5): 63-71.
- [4] BISHOP L. Collaborative Musical Creativity: How Ensembles Coordinate Spontaneity[J]. Frontiers in Psychology, 2018, 9: 10.
- [5] Blockbuster[EB/OL]. [2020/5/8]. <https://truby.com/blockbuster-2/>.
- [6] Dramatica[EB/OL]. [2020/5/8]. <http://dramatica.com/>.
- [7] Plot Generator[EB/OL]. [2020/5/8]. <https://www.plot-generator.org.uk/>.
- [8] Squibler[EB/OL]. [2020/5/8]. <https://www.squibler.io/plot-generator>.
- [9] VEALE T. An Analogy-oriented Type Hierarchy for Linguistic Creativity[J]. Knowledge-Based Systems, 2006, 19(7): 471-479.
- [10] HEDBLUM M M, KUTZ O, NEUHAUS F. Image Schemas in Computational Conceptual Blending[J]. Cognitive Systems Research, 2016, 39(3): 42-57.
- [11] YOUNG L F. The Metaphor Machine: A Database Method for Creativity Support[J]. Decision Support Systems, 1987, 3(4): 309-317.
- [12] AMABILE T M. Creativity in Context: Update to the Social Psychology of Creativity[M]. Oxford: Westview Press, 1996.
- [13] LIU X Y, LI Y, PAN P Y, et al. Research on Computer-aided Creative Design Platform Based on Creativity Model[J]. Expert Systems with Applications, 2011, 38(8): 9973-9990.
- [14] NAKAKOJI K. Meanings of Tools, Support, and Uses for Creative Design Processes[C]. International Design Research Symposium, 2006, 6: 156-165.
- [15] BUSCH M. An Empirical Examination of the Value of Creativity Support Systems on Idea Generation[J]. Mis Quarterly, 1996, 20(1): 83-97.
- [16] WIERENGA B, BRUGGEN G H V. The Dependent Variable in Research into the Effects of Creativity Support Systems: Quality and Quantity of Ideas[J]. Mis Quarterly, 1998, 22(1): 81-87.
- [17] 张晓燕.在线群体创新中的外部信息支持研究[D].上海:上海交通大学,2014.
ZHANG Xiao-yan. Research on External Information Support in Online Group Innovation[D]. Shanghai: Shanghai Jiaotong University, 2014.
- [18] ALTHUIZEN N, REICHEL A. The Effects of IT-Enabled Cognitive Stimulation Tools on Creative Problem Solving: A Dual Pathway to Creativity[J]. Journal of Management Information Systems, 2016, 33(1): 11-44.
- [19] WANG K, NICKERSON J V. A Literature Review on Individual Creativity Support Systems[J]. Computers in Human Behavior, 2017, 74: 139-151.
- [20] KNIGHT T P, KIM S H. A Knowledge System for Integrated Product Design[J]. Journal of Intelligent Manufacturing, 1991, 2(1): 17-25.
- [21] WANG H, OHSAWA Y. Idea Discovery: A Scenario-based Systematic Approach for Decision Making in Market Innovation[J]. Expert Systems with Applications, 2013, 40(2): 429-438.

- [22] SETCHI R, BOUCHARD C. In Search of Design Inspiration: A Semantic-based Approach[J]. *Journal of Computing and Information Science in Engineering*, 2010, 10(3): 31006.
- [23] CHANG Y, CHIEN Y, LIN H, et al. Effects of 3D CAD Applications on the Design Creativity of Students with Different Representational Abilities[J]. *Computers in Human Behavior*, 2016, 65: 107-113.
- [24] WANG H, OHSAWA Y, NISHIHARA Y. Innovation Support System for Creative Product Design Based on Chance Discovery[J]. *Expert Systems with Applications*, 2012, 39(5): 4890-4897.
- [25] GERBER E M, MARTIN C K. Supporting Creativity within Web-based Self-services[J]. *International Journal of Design*, 2012, 6(1): 10.
- [26] LI Y, WANG J, LI X L, et al. Design Creativity in Product Innovation[J]. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 2007, 33(3): 213-222.
- [27] CHEN R Y. A Fuzzy Inventive Problem-Solving Approach for Product Design Computer-Aided System Using Multi-Agent and Fuzzy TRIZ[J]. *Journal of Integrated Design & Process Science*, 2015, 19(1): 47-69.
- [28] GLIER M W, TSENN J, LINSEY J S, et al. Methods for Supporting Bioinspired Design[C]. *ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition*, 2011, 54884: 737-744.
- [29] VATTAM S, WILTGEN B, HELMS M, et al. DANE: Fostering Creativity in and through Biologically Inspired Design[J]. 2011(1): 115-122.
- [30] Goldfire Innovator[EB/OL]. [2020/5/5]. http://invention-machine.com/factsheet_goldfireinnovator.html.
- [31] CHAKRABARTI A, SARKAR P, LEELAVATHAMMA B, et al. A Functional Representation for Aiding Biomimetic and Artificial Inspiration of New Ideas[J]. *Ai Edam*, 2005, 19(2): 113-132.
- [32] CHAKRABARTI A, SIDDHARTH L, DINAKAR M, et al. Idea Inspire 3.0: A Tool for Analogical Design, 2017 [C]. Springer, Singapore: International Conference on Research into Design, 2017.
- [33] SIDDHARTH L, CHAKRABARTI A. Evaluating the Impact of Idea-Inspire 4.0 on Analogical Transfer of Concepts[J]. *AI EDAM*, 2018, 32(4): 431-448.
- [34] Ideation Brainstorming[EB/OL]. [2020/5/5]. <http://www.whereinnovationbegins.net/software/>.
- [35] MCCAFFREY T, SPECTOR L. How the Obscure Features Hypothesis Leads to Innovation Assistant Software[C]. *ICCC*, 2011.
- [36] Innovation Workbench[EB/OL]. [2020/5/5]. <http://www.whereinnovationbegins.net/software/>.
- [37] Invention Machine[EB/OL]. [2020/5/8]. <https://invention-machine.com/>.
- [38] GARDONI M, BLANCO E, RÜGER S. MICA-Graph: A Tool for Managing Text and Sketches During Design Processes[J]. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 2005, 16(4): 395-405.
- [39] GOMES P, SECO N, PEREIRA F C, et al. The Importance of Retrieval in Creative Design Analogies[J]. *Knowledge-Based Systems*, 2006, 19(7): 480-488.
- [40] ZANNI-MERK C, CAVALLUCCI D, ROUSSELOT F. An Ontological Basis for Computer Aided Innovation[J]. *Computers in Industry*, 2009, 60(8): 563-574.
- [41] ALVAREZ J C, SU H J. VRMDS: An Intuitive Virtual Environment for Supporting the Conceptual Design of Mechanisms[J]. *Virtual Reality*, 2012, 16(1): 57-68.
- [42] CHEN Z. Retrospective Analysis for Knowledge-based Idea Generation of New Artifacts[J]. *Knowledge-Based Systems*, 1999, 12(7): 333-339.
- [43] HORI K. Concept Space Connected to Knowledge Processing for Supporting Creative Design[J]. *Knowledge-Based Systems*, 1997, 10(1): 29-35.
- [44] SHAI O, REICH Y, RUBIN D. Creative Conceptual Design: Extending the Scope by Infused Design[J]. *Computer-Aided Design*, 2009, 41(3): 117-135.
- [45] SUGIMOTO M, HORI K, OHSUGA S. Method to Assist the Building and Expression of Subjective Concepts and Its Application to Design Problems[J]. *Knowledge-Based Systems*, 1994, 7(4): 233-238.
- [46] SEDIVY J, JOHNSON H. Multimodal Tool Support for Creative Tasks in the Visual Arts[J]. *Knowledge-Based Systems*, 2000, 13(7-8): 441-450.
- [47] HUNG E, CHOY C. Conceptual Recombination: A Method for Producing Exploratory and Transformational Creativity in Creative Works[J]. *Knowledge-Based Systems*, 2013, 53: 1-12.
- [48] BROCCO M, FORSTER F, FRIEB M R. 360° Open Creativity Support[J]. *Univers. Comput. Sci.*, 2011, 17(12): 1673-1689.
- [49] 48h Innovation Maker[EB/OL]. [2020/5/5]. <http://48h-innovation-maker.com/engsi>.
- [50] VANDEVENNE D, PIETERS T, VANNESTE C, et al. Case-dependence of Level-based Idea Space Variety for Systematic Biologically-Inspired Design[J]. *Procedia CIRP*, 2016, 39: 173-178.
- [51] AskNature[EB/OL]. [2020/5/13]. <https://asknature.org/>.
- [52] BRADE M, HESELER J, GROH R. BrainDump: An Interface for Visual Information-gathering During Web Browsing Sessions[C]. *Proceedings of the 11th International Conference on Knowledge Management and Knowledge Technologies*, 2011(1): 1-3.
- [53] Brainstorming Toolbox[EB/OL]. [2020/5/8]. <http://www.brainstorming.co.uk/>.
- [54] FORGIONNE G, NEWMAN J. An Experiment on the Effectiveness of Creativity Enhancing Decision-making Support Systems[J]. *Decision Support Systems*, 2007, 42(4): 2126-2136.
- [55] CogniStreamer[EB/OL]. [2020/5/5]. https://www.ey.com/en_be/advisory/ey-cognistreamer.
- [56] KOH E, KERNE A, HILL R. Creativity Support: Information Discovery and Exploratory Search[C]. *Proceedings of the 30th Annual International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval*, 2007(1): 895-896.
- [57] BHAGWATWAR A, MASSEY A, DENNIS A R. Creative Virtual Environments: Effect of Supraliminal Priming on Team Brainstorming[C]. 2013 46th Hawaii International Conference on System Sciences, IEEE, 2013.

- [58] Creator Studio[EB/OL]. [2020/5/8]. <http://www.compxpressinc.com/tutorial.html>.
- [59] SUGIYAMA K, MISUE K. An Overview of Diagram Based Idea Organizer: D-ABDUCTOR[R]. Fujitsu Laboratories Ltd: International Institute for Advanced Study of Social Science, 1993.
- [60] AIHARA K, HORI K. Enhancing Creativity through Reorganising Mental Space Concealed in A Research Notes Stack[J]. Knowledge-Based Systems, 1998, 11(7): 469-478.
- [61] VIRIYAYUDHAKORN K, KUNIFUJI S, OGAWA M. A Comparison of Four Association Engines in Divergent Thinking Support Systems on Wikipedia[M]. Springer, Berlin, Heidelberg: Knowledge, Information, and Creativity Support Systems, 2011.
- [62] MACCRIMMON K R, WAGNER C. Stimulating Ideas through Creative Software[J]. Management Science, 1994, 40(11): 1514-1532.
- [63] WESTERSKI A. Semantic Technologies in Idea Management Systems: A Model for Interoperability, Linking and Filtering[M]. Adam Westerski, 2013.
- [64] YUIZONO T, MUNEMORI J, NAGASAWA Y. Application of Groupware for A New Idea Generation Consistent Support System Using PDA for Input Device[C]. Multime: IEEE, 1999.
- [65] WANG H, COSLEY D, FUSSELL S R. Idea Expander: Supporting Group Brainstorming with Conversationally Triggered Visual Thinking Stimuli[C]. Proceedings of the 2010 ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work, 2010.
- [66] JONES A, KENDIRA A, LENNE D, et al. The TATIN-PIC Project: A Multi-modal Collaborative Work Environment for Preliminary Design[C]. IEEE, 2011.
- [67] IdeaFisher[EB/OL]. [2020/5/13]. https://thoughtoffice.typepad.com/ideafisher_software/.
- [68] FORSTER F, FRIEB M R, BROCCO M, et al. On the Impact of Chat Communication on Computer-supported Idea Generation Processes[C]. Proc. of the First International Conference on Computational Creativity (ICCC X), 2010.
- [69] MASSETTI B. An Empirical Examination of the Value of Creativity Support Systems on Idea Generation[J]. MIS Quarterly, 1996(1): 83-97.
- [70] InnovationCast[EB/OL]. [2020/5/5]. <https://innovationcast.com/product/>.
- [71] OHIWA H. KJ Editor for Creative Work Support and Collaboration in Proceedings of the First Conference on Creating[J]. Connecting and Collaborating through Computing, 2003(5): 3.
- [72] SCHMITT U. Knowcations: A Meme-Based Personal Knowledge Management System-in-Progress[C]. ACPI: Proceedings of the 8th International Conference on e-Learning ICEL, 2013.
- [73] Laboranova[EB/OL]. [2020/5/5]. <http://www.biba.uni-bremen.de/>.
- [74] HERRMANN T, NOLTE A. The Integration of Collaborative Process Modeling and Electronic Brainstorming in Co-located Meetings[C]. Springer, Berlin, Heidelberg: International Conference on Collaboration and Technology, 2010.
- [75] GUTWEIN S. Computer Support for Collaborative Creativity (Technical report)[J]. Beyond the Desktop, 2013(1): 15.
- [76] MÜLLER O, DEBORTOLI S, SEIDEL S. MUSE: Implementation of A Design Theory for Systems that Support Convergent and Divergent Thinking[C]. Springer, Berlin, Heidelberg: International Conference on Design Science Research in Information Systems, 2013.
- [77] JENKIN T A, CHAN Y E, SKILLICORN D B, et al. Individual Exploration, Sensemaking, and Innovation: A Design for the Discovery of Novel Information[J]. Decision Sciences, 2013, 44(6): 1021-1057.
- [78] ELAM J J, MEAD M. Can Software Influence Creativity?[J]. Information Systems Research, 1990, 1(1): 1-22.
- [79] OLTEȚEANU A, FALOMIR Z. Object Replacement and Object Composition in A Creative Cognitive System. Towards A Computational Solver of the Alternative Uses Test[J]. Cognitive Systems Research, 2016, 39: 15-32.
- [80] PatentInspiration[EB/OL]. [2020/5/5]. <https://www.patentinspiration.com/>.
- [81] BELLANDI V, CERAVOLO P, DAMIANI E, et al. Towards A Collaborative Innovation Catalyst[C]. IEEE: 2012 Eighth International Conference on Signal Image Technology and Internet Based Systems, 2012.
- [82] SIEMON D, RAROG T, ROBRA-BISSANTZ S. Semi-Automated Questions as A Cognitive Stimulus in Idea Generation[C]. IEEE: 2016 49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS), 2016.
- [83] YUAN S, CHEN Y. Semantic Ideation Learning for Agent-based E-brainstorming[J]. IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, 2007, 20(2): 261-275.
- [84] HAILPERN J, HINTERBICHLER E, LEPPERT C, et al. TEAM STORM: Demonstrating An Interaction Model for Working with Multiple Ideas During Creative Group Work[J]. CC2007-Creativity and Cognition 2007 Seeding Creativity: Tools, Media, and Environments, 2007(1): 193-202.
- [85] LOPES J S, ÁLVAREZ-NAPAGAO S, VAZQUEZ-SALCEDA J. USE: A Concept-based Recommendation System to Support Creative Search[C]. 2009 IEEE/WIC/ACM International Joint Conference on Web Intelligence and Intelligent Agent Technology, 2009.
- [86] TAN M, TRIPATHI N, ZUIKER S J, et al. Building An Online Collaborative Platform to Advance Creativity[C]. 4th IEEE International Conference on Digital Ecosystems and Technologies, 2010.
- [87] ARDAIZ-VILLANUEVA O, NICUESA-CHACON X, BRENE-ARTAZCOZ O, et al. Evaluation of Computer Tools for Idea Generation and Team Formation in Project-based Learning[J]. Computers & Education, 2011, 56(3): 700-711.
- [88] FRIEB M R, GEORG G, NIKLAS K, et al. A Tabletop Application Environment for Generic Creativity Techniques[J]. International Journal of Computer Information Systems and Industrial Management Applications, 2011, 3(4): 10.

- [89] ALTHUIZEN N, WIERENGA B. Supporting Creative Problem Solving with A Case-Based Reasoning System[J]. *Journal of Management Information Systems*, 2014, 31(1): 309-340.
- [90] CHEN Z X. Generating Suggestions through Document Structure Mapping[J]. *Decision Support Systems*, 1996, 16(4): 297-314.
- [91] CHEUNG P K, CHAU P, AU A. Does Knowledge Reuse Make A Creative Person More Creative?[J]. *Decision Support Systems*, 2008, 45(2): 219-227.
- [92] DENNIS A R, MINAS R K, BHAGWATWAR A P. Sparking Creativity: Improving Electronic Brainstorming with Individual Cognitive Priming[J]. *Journal of Management Information Systems*, 2013, 29(4): 195-216.
- [93] FENTEM A C, DUMAS A, MCDONNELL J. Evolving Spatial Representations to Support Innovation and the Communication of Strategic Knowledge[J]. *Knowledge-Based Systems*, 1998, 11(7-8): 417-428.
- [94] LEWIS S, DONTCHEVA M, GERBER E. Affective Computational Priming and Creativity[C]. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 2011.
- [95] MALAGA R A. The effect of Stimulus Modes and Associative Distance in Individual Creativity Support Systems[J]. *Decision Support Systems*, 2000, 29(2): 125-141.
- [96] MÜLLER-WIENBERGEN F, MÜLLER O, SEIDEL S, et al. Leaving the Beaten Tracks in Creative Work: A Design Theory for Systems that Support Convergent and Divergent Thinking[J]. *Journal of the Association for Information Systems*, 2011, 12(11): 2.
- [97] SANTANEN E L, BRIGGS R O, De VREEDE G J. Causal Relationships in Creative Problem Solving: Comparing Facilitation Interventions for Ideation[J]. *Journal of Management Information Systems*, 2004, 20(4): 167-197.
- [98] ALTHUIZEN N, WIERENGA B. Supporting Creative Problem Solving with A Case-based Reasoning System[J]. *Journal of Management Information Systems*, 2014, 31(1): 309-340.
- [99] TANG Y, HUANG J, YAO M, et al. A Review of Design Intelligence: Progress, Problems, and Challenges[J]. *Frontiers of Information Technology & Electronic Engineering*, 2019, 20(12): 1595-1617.
- [100] 周楚轶, 柴春雷, 杨程. 人工智能辅助设计迭代研究——以平面设计为例[J]. *包装工程*, 2021, 42(18): 50-62.
- ZHOU C, CHAI C, YANG C. Artificial Intelligence Augmented Design Iteration Support: Take Graphic Design for Example[J]. *Packaging Engineering*, 2021, 42(18): 50-62.
- [101] HENNESSEY B A, ALTRINGER B, MORAN S. The Social Psychology of Creativity[J]. *Scandinavian Journal of Educational Research*, 2003, 47(3): 253-271.
- [102] MINAS R K, DENNIS A R. Visual Background Music: Creativity Support Systems with Priming[J]. *Journal of Management Information Systems*, 2019, 36(1): 230-258.
- [103] NIJSTAD B, De DREU C, RIETZSCHEL E F, et al. The Dual Pathway to Creativity Model: Creative Ideation as A Function of Flexibility and Persistence[J]. *European Review of Social Psychology*, 2010, 21(1): 34-77.
- [104] 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*, 2006, 10(3): 186-213.
- [105] JANSSON D G, SMITH S M. Design Fixation[J]. *Design Studies*, 1991, 12(1): 3-11.
- [106] LIIKKANEN L A, PERTTULA M. Exploring Problem Decomposition in Conceptual Design Among Novice Designers[J]. *Design Studies*, 2009, 30(1): 38-59.
- [107] HO C. Some Phenomena of Problem Decomposition Strategy for Design Thinking: Differences between Novices and Experts[J]. *Design Studies*, 2001, 22(1): 27-45.
- [108] ALIPOUR L, FAIZI M, MORADI A M, et al. The Impact of Designers' goals on Design-by-analogy[J]. *Design Studies*, 2017, 51: 1-24.
- [109] RESNICK M, MYERS B, NAKAKOJI K, et al. Design Principles for Tools to Support Creative Thinking[J]. 2005(1): 10.
- [110] AVITAL M, TE'ENI D. From Generative Fit to Generative Capacity: Exploring An Emerging Dimension of Information Systems Design and Task Performance[J]. *Information Systems Journal*, 2009, 19(4): 345-367.
- [111] HEWETT T T, DEPAUL J L. Toward A Human Centered Scientific Problem Solving Environment[J]. *Enabling Technologies for Computational Science*, 2000(1): 79-90.
- [112] YANG X, LIN L, CHENG P Y, et al. Examining Creativity through A Virtual Reality Support System[J]. *Educational Technology Research and Development*, 2018, 66(5): 1231-1254.
- [113] BHAGWATWAR A, MASSEY A, DENNIS A R. Creative Virtual Environments: Effect of Supraliminal Priming on Team Brainstorming[C]. *IEEE: 2013 46th Hawaii International Conference on System Sciences*, 2013.