

在线学习者认知负荷研究进展(2007—2021)

边 坤, 王 岩

(内蒙古科技大学 艺术与设计学院, 内蒙古 包头 014010)

摘要:以国内外 2007—2021 年 15 年间的 488 篇文献为对象,运用 CiteSpace 对该领域的文献数量、关键词和研究热点进行可视化分析,并使用文献分析法对国内外远程教育中的认知负荷模型和测量方法、学习效果影响因素、学习策略优化研究的内容进行梳理,综述了远程教育中的认知负荷研究情况,并在此基础上提出远程教育中认知负荷相关研究的三个发展趋势:深度挖掘技术对认知负荷测量模型建立的支持、探索引入认知负荷测量的其他方法、探究如何将“研究发现”转化为“设计策略”。

关键词:远程教育;认知负荷;测量方法;学习效果

中图分类号:G434

文献标识码:A

文章编号:2097-0625(2023)02-0052-07

一、引言

教育与技术的结合是历史的必然,美国教育部教育技术办公室 2017 年在《美国国家教育技术计划》中提出技术应能提升教育水平,确保学生获得优质教育体验^[1]。以计算机、软件、现代网络通信等技术为支持的计算机网络远程教育,丰富并完善着线下教育的不足。

本文系统整理了近 15 年国内外学者在认知负荷理论视角下的远程教育研究进展并分析了未来的研究趋势。可视化分析基于中国知网(CNKI)和 Web of Science 所提供的文献数据,使用 CiteSpace 软件构建可视化知识图谱,通过文献分析法对主要研究内容进行归纳与分析,旨在为相关的研究者提供理论参考和依据。

二、文献统计

(一)文献来源

由于远程教育和线上学习及在线学习关系密切,本文以“认知负荷”“远程教育”“线上学习”“在线学习”为关键词在 CNKI 数据库,以“Cognitive Load”“Distance Education”“Online Learning”“E-Learning”为关键词在 Web of Science 核心合集数据库进行检索,检索时间截至 2021 年 5 月 10 日。剔除检索结果中的新

闻报道、会议纪要和重复文献,在 CNKI 和 Web of Science 分别得到相关文献 169 篇、319 篇。

(二)文献时间分布

将 2007 年至 2021 年间国内外远程教育中认知负荷研究的相关文献量转换成年度分布折线图(见图 1),国内外对该领域的研究总体趋势呈上升态势。其中:(1)国内自 2007 年至 2015 年相关文献较少,文献数量从 2015 年至 2019 年波动较大,2019 至 2021 年发文量明显增长并在 2021 年达到顶峰;(2)国外相关研究自 2007 年至 2018 年 12 年间发表文献数量波动较大,2018 年至 2021 年文献数量增长较快并在 2021



图 1 国内外远程教育中认知负荷论文发表数量趋势

收稿日期:2022-10-31

基金项目:内蒙古自治区直属高校基本科研业务费项目“基于电生理学的大学生在线学习体验与学习效果分析”;内蒙古科技大学教育教学改革研究项目“基于认知负荷理论的大学生线上教学质量评价体系建设研究”

作者简介:边坤(1982—),女,内蒙古包头人,副教授,硕士。研究方向:信息与交互设计、脑电测量技术。

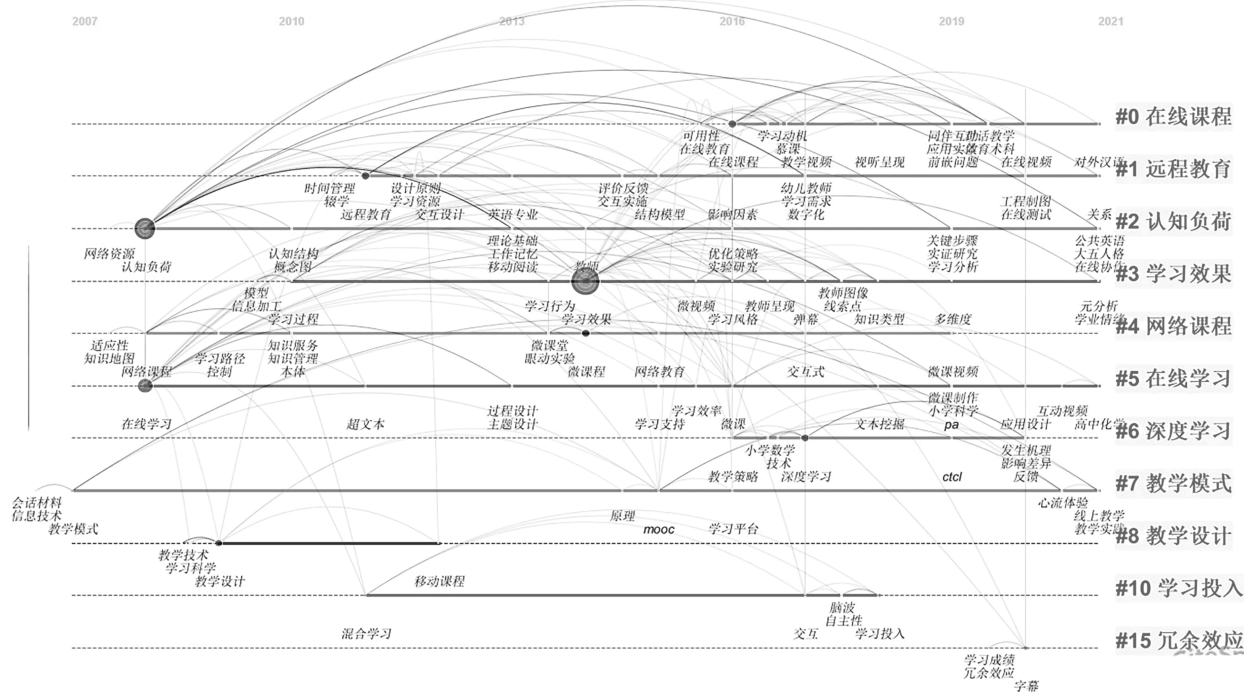


图 3 国内文献时间轴

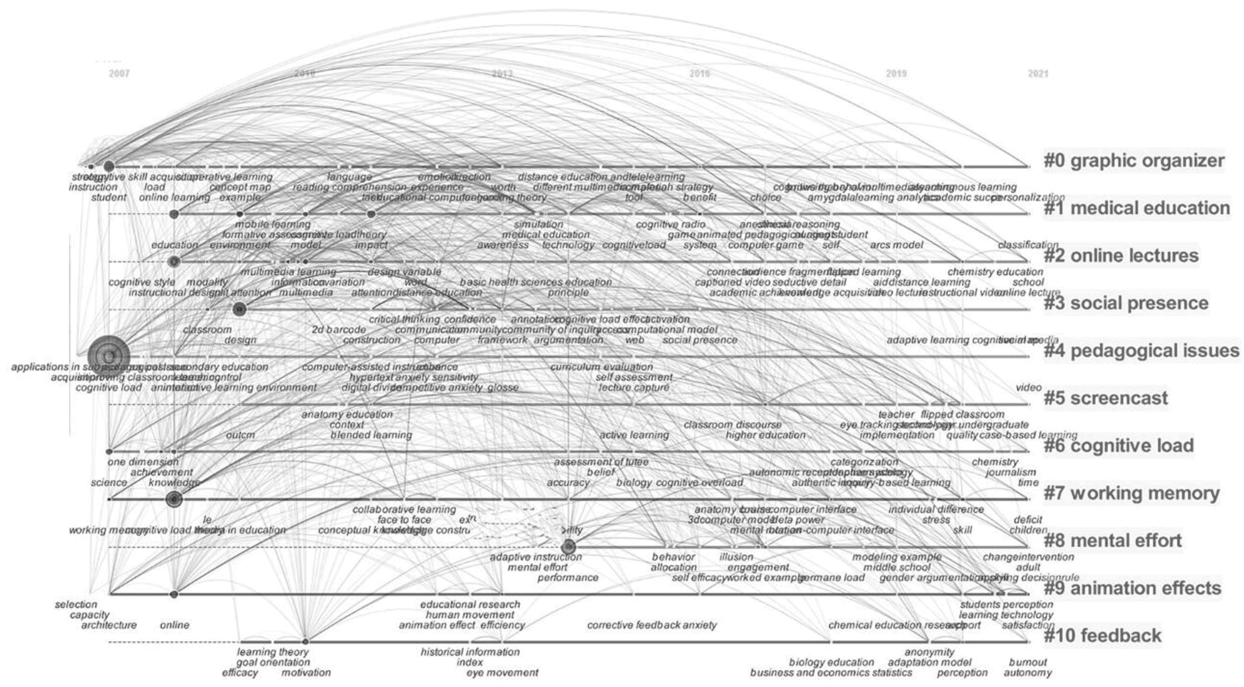


图 4 国外文献时间轴

断性,在中低难度任务下,被认为是测量认知负荷较为理想的工具。

由 Leppink 和他的同事开发的认知负荷量表 (CLS) 已经成为衡量内在负荷 (IL)、外在负荷 (EL) 和相关负荷 (GL) 的最有效和最广泛使用的自我报告

测量方法之一^[8]。该量表与其他量表不同的是,从认知负荷理论的三种类型设计问卷,问卷共 10 个问题,其中内在负荷和外在负荷各 3 问,相关负荷 4 问。Jamie 等研究者使用 CLS 量表研究外在认知负荷和相关认知负荷之间的关系,以及认知学习策略的使用

如何调节这种关系^[9]。该量表的优势体现在其可以广泛应用于复杂的知识研究领域。

主观测量法虽然易于使用且敏感性较高,在使用过程中不具入侵性,容易被接受,但不同的被试差异会对结果产生影响,且测量过程主观性太强,测量结果也并未对学习过程中认知负荷变化的原因进行阐释。

2. 客观测量法

客观测量法是目前测量认知负荷最为有效和精确的方法,且种类繁多,在远程教育中,认知负荷的客观测量法应用最广泛的主要有双任务测量法、眼动和脑电测量。

(1) 双任务测量法是研究工作记忆中的重要研究方法,该方法基于资源有限理论,实验中要求被试在进行主任务的同时完成一项次任务,且次任务的效果与空闲的工作记忆容量直接相关,空闲容量本身取决于主要任务所需的容量^[10]。(2) 远程教育领域一般以眼睛注视和扫视来测量认知状态^[11],也有研究者发现瞳孔直径和微眼跳幅度也可以区分不同层次的认知负荷^[12]。眼动追踪技术为远程教育学习环境下认知状态研究提供了有效方法^[13]。(3) 脑电测量技术能够实时监测人的脑力活动,且更具客观性,通常选择 θ 和 α 脑波频段数据测量^[14]。因此,也有部分学者基于认知负荷理论,构建捕捉和标记用户在学习过程中的心理状态的模型用来量化认知负荷。

双任务测量法在识别认知负荷的过程中灵敏度高,但该测量方法在测量过程中侵入性太强,会对学习者的学习任务产生影响,因此该方法的易用性和可用性等方面不具备优势,适用范围较窄。与双任务测量相比,眼动和脑电技术因其高分辨率和准确率等优势得到越来越广泛的应用。但此类方法也有一定的局限,在实验过程中必须在特定的实验室环境进行数据采集,对被试的接受度产生一定的影响,且研究者针对实验程序、设计等要有较高的操作基础。

3. 多模态测量方法

为得到更加精确的认知负荷测量结果,国内外学者采用多模态的认知负荷测量方法对远程教育中的认知负荷进行测量。Maria、Kruger 等研究者采用两种或两种以上客观测量(如双任务测量、心率、心理测量、脑电和眼动等)相结合的方法,对认知负荷进行多模态测量^[15-16]。Larmuseau 等研究者提出使用主观

测量的认知负荷与生理数据(即皮肤电反应、皮肤温度、心率和心率变异性)相结合的方法,揭示了皮肤温度和心率评估高认知负荷的潜力^[17]。多模态的认知负荷测量方法同时具有客观测量和主观测量方法的优势,也解决了单一测量法和一维法对认知负荷测量的方法限制。

(三) 远程教育中学习效果的影响因素

基于认知负荷理论的远程教育中学习效果的影响因素的研究已经取得了一定的成果,相关研究主要围绕学习材料呈现方式、教育形式和学习者特征三方面展开。在学习材料对学习效果影响的研究中,王红艳、Chang 和韩晓玲等人研究了课程界面不同指示类型对学习者的认知负荷的影响,进而考量其对学习效果的影响^[18-20]。教育形式研究方面,张敏等人对相关文献中的被试者数据展开元分析^[21]。学习者特征研究方面,王改花等人通过眼动实验,探索了不同学习风格学习者对不同类型在线学习材料学习效果的影响^[22],研究结果为科学设计在线开放课程提供一定的实证证据和理论支撑。Yen 等人通过对学习行为痕迹的追踪,提出了基于学习分析的方法,通过调整在线课程中使用的教学策略来管理认知负荷,进而提升学习效果^[23]。

在对学习效果的研究中,研究者们将认知负荷作为验证学习效果的测量指标之一,通常与满意度、用户体验等内容结合进行相关研究,注重研究广度的同时缺乏针对性研究深度。

(四) 基于认知负荷的学习策略优化

1. 交互设计研究

交互活动是学习过程中提升教学质量的重要环节,但在远程教育中由于学习平台、教学设计等内容的影响,实现远程教育过程中良好的交互还需要对其进行深入研究以期实现。学术界也有部分学者对该领域进行研究,杨彦军、M A Just 等人以认知负荷理论、多媒体学习理论作为交互设计的认知理论依据,以系统观来指导教学交互各层次的交互设计^[24-25]。Wang 等人通过对比在线协作学习过程中三个版本(即互动版本、视频版本和文本版本)的媒体呈现方式对认知负荷的影响,探讨了学生在参与不同多媒体时的在线协作行为模式,得出结论:互动版本的在线学习形成了积极的学习氛围且认知负荷适中,为远程教

育中交互设计的必要性提供了量化支持^[26]。在对交互设计的研究中,研究者们通常从认知负荷理论出发,使用文献综述法分析总结,进而提出交互设计的策略,最后印证策略。因此,此类研究策略的提出缺少从实践过程中得到的实证证据。

2. 界面设计研究

线上学习平台为远程教育提供了实现基础,且线上学习平台的界面设计与学习者外在认知负荷直接相关,因此,一些研究者通过优化界面设计降低学习者的外在认知负荷,进而提升学习者学习效果。裴珊珊基于认知负荷理论,通过问卷调查法、访谈法和案例分析法选取典型在线课程案例,梳理在线课程教学界面布局设计要素,并从内在认知负荷、外在认知负荷和相关认知负荷三个方面,筛选出与认知负荷相关的设计要素,对在线课程教学界面布局进行优化,创建了在线课程视频界面设计策略模板^[27]。Zhang 等研究者探讨移动学习平台对用户学习效率的影响,并制定认知指标来评估用户在移动学习平台上的学习效率^[28]。研究者们将线上学习平台拆分为课程视频界面、平台导航和页面布局等几个方面分别进行研究,得出界面设计的优化方案,为下一步系统平台界面设计提供理论依据。

3. 学习内容设计研究

远程教育已成为学生在线学习的重要途径,学术界通过对学习内容的设计研究,提出针对学习活动、教学设计的策略,为学习者在线学习和教师教学设计提供设计支持。马志岩提出基于认知负荷理论的在线学习活动主题设计模型和过程设计模型,进而构建了基于认知负荷理论的在线学习活动设计模型^[29]。李梅、刁勇峰等人基于认知图式、信息加工理论和认知负荷理论,对学习者的学习行为进行研究,为远程学习者的在线学习提供建议^[30-31]。Choi 等人使用贝叶斯网络作为学习分析方法,分析电子学习系统中学习者认知负荷的个性化诊断评估,结果表明,与认知负荷相关的诊断信息,可以帮助学习者通过管理和控制他们在电子学习环境中的认知负荷来提高学业成绩^[32]。学术界对于学习内容的设计相关研究较多,内容也较为丰富,相关研究中的认知负荷测量方法也从开始的主观测量逐步发展到与客观测量的方法相结合,认知负荷评估的准确性不断提高。

4. 认知负荷优化模型

认知负荷是线上学习效果的重要影响因素,已有研究者通过探析认知负荷的影响因素并提出策略进而建立认知负荷的优化模型。崔宁在认知负荷理论的指导下,通过网络调研和访谈,探析了网络学习者认知负荷的影响因素,并在此基础上形成了两种网络学习者认知负荷优化模型^[33]。李飞飞基于认知负荷理论和多媒体学习生成理论分析了虚拟学习社区中学习者认知负荷的产生,构建了虚拟学习社区中学习者认知负荷的生成模型,并提出优化控制策略^[34]。有关于认知负荷优化的模型中,研究者们都以认知负荷理论为出发点,通过文献梳理或与其他理论结合的方法,提出远程教育中的认知负荷优化模型,缺少针对远程教育认知负荷的实证测量研究。

四、结语

本文通过对相关文献的梳理和解读,可得到以下结论:

一方面,对于远程教育中的认知负荷研究,学术界已经取得了丰硕的成果。学者们通过对学习过程中认知负荷的监测分析,以提高学习者学习效果为主要目的,结合认知科学和脑科学等领域的知识,从学与教两个角度出发,对认知负荷进行优化,为学习者提高学习效率和教师的教学设计提供强有力的支持,但对远程教育中认知负荷的研究总体上较为分散,针对远程教育中产生认知负荷的各个方面缺乏全局性的相关研究。

另一方面,通过对远程教育中的认知负荷相关文献的研究可以看出,未来研究在以下几个方面值得探索。一是深度挖掘技术对认知负荷测量模型建立的支持。已有研究者采用 BP 神经网络、自组织神经网络或机器学习等技术建立了多模态数据融合的认知负荷评估模型,因此,深度学习技术会成为未来认知负荷评估模型建立的关键技术。二是探索引入认知负荷测量的其他方法,应用到远程教育的认知负荷测量中。行为测量法也是认知负荷的测量方法之一,是指通过分析学习者行为特征而测量其认知负荷的方法,该方法并未得到广泛的应用,但在远程教育这种开放性环境中,很难使用认知实验的形式对学习者的认知负荷进行测量的情况下,使用行为测量的方法衡量学习者认知状况是未来值得探索的方向。三是探究如何将“研究发现”转化为“设计策略”。在使用脑

电技术对远程教育中认知负荷测量的研究中, 尽管脑电可以实时、动态地监测学习者的认知负荷, 但得到的研究结论并不能科学的与设计策略衔接, 为进一步

设计内容提供指导, 因此, 如何将实验研究发现转化为对提高学习者学习效率的有力支撑是未来需要努力的方向。

参考文献:

- [1] Office of Educational Technology. Reimagining the Role of Technology in Education; 2017 National Education Technology Plan Update. [EB/OL]. (2017-10-20)[2021-05-10]. <https://tech.ed.gov/netp/introduction/>.
- [2] 赵立影. 基于工作记忆的多媒体学习设计[J]. 电化教育研究, 2011(8):98-102.
- [3] 李金波, 许百华. 人机交互过程中认知负荷的综合测评方法[J]. 心理学报, 2009, 41(1):35-43.
- [4] GUO J, DAI Y, WANG C, et al. A Physiological Data-driven Model for Learners' Cognitive Load Detection Using HRV-PRV Feature Fusion and Optimized XGBoost Classification[J]. Software: Practice and Experience, 2020, 50.
- [5] ANMARKRUD F, ANDRESEN A, BRATEN I. Cognitive Load and Working Memory in Multimedia Learning: Conceptual and Measurement Issues[J]. Educational Psychologist, 2019, 54(2):1-23.
- [6] 孙崇勇, 刘电芝. 认知负荷主观评价量表比较[J]. 心理科学, 2013, 36(1):194-201.
- [7] TSANG P S, VELAQUEZ V L. Diagnosticity and Multidimensional Subjective Workload Ratings[J]. Ergonomics, 1996, 39(3):358-381.
- [8] LEPPINK J, PAAS F, VLEUTEN C P M, et al. Development of an Instrument for Measuring Different Types of Cognitive Load[J]. Behavior Research Methods, 2013, 45(4):1058-1072.
- [9] COSTLEY J. Using Cognitive Strategies Overcomes Cognitive Load in Online Learning Environments[J]. Interactive Technology and Smart Education, 2020, 17(2):215-228.
- [10] MEHLER B, REIMER B, COUGHLIN J F. Sensitivity of Physiological Measures for Detecting Aystematic Variations in Cognitive Demand from a Working Memory Task; An On-road Study Across Three Age Groups[J]. Human Factors, 2012, 54(3):396.
- [11] LIU H C, LAI M L, CHUANG H H. Using Eye Tracking Technology to Investigate the Redundant Effect of Multimedia Web Pages on Viewers' Cognitive Processes[J]. Computers in Human Behavior, 2011, 27(6):2410-2417.
- [12] KRZYSZTOF K, DUCHOWSKI A T, ANNA N, et al. Eye Tracking Cognitive Load Using Pupil Diameter and Microsaccades with Fixed Gaze[J]. PloS One, 2018, 13(9):1-23.
- [13] JUST M A, CARPENTER P A. A Theory of Reading: from Eye Fixations to Comprehension[J]. Psychological Review, 1980, 87(4):329.
- [14] 孙丽娜, 邓雨婕, 钟璐. 高等教育领域便携式脑电图技术: 现状与热点[J]. 现代远程教育, 2021(6):85-94.
- [15] WIRZBERGER M, HERMS R, BIJARSARI S E, et al. Schema-related Cognitive Load Influences Performance, Speech, and Physiology in a Dual-task Setting; A Continuous Multi-measure Approach[J]. Cognitive Research: Principles and Implications, 2018, 3(1):1-16.
- [16] KRUGER J L, DOHERTY S. Measuring Cognitive Load in the Presence of Educational Video; Towards a Multimodal Methodology[J]. Australasian Journal of Educational Technology, 2016, 32(6):19-31.
- [17] LARMUSEAU C, CORNELIS J, LANCIERI L, et al. Multimodal Learning Analytics to Investigate Cognitive Load During Online Problem Solving[J]. British Journal of Educational Technology, 2020, 51(5):1548-1562.
- [18] 王红艳, 皮忠玲, 黄秀莉, 等. 数字学习资源中线索类型对学习效果的影响[J]. 中国远程教育, 2019(9):43-52.
- [19] CHANG C C, YANG F Y. Exploring the Cognitive Loads of High-school Students as They Learn Concepts in Web-based Environments[J]. Computers & Education, 2010, 55(2):673-680.
- [20] 韩晓玲, 孙博文, 李逢庆. 在线学习视频弹题反馈对学习效果的影响研究[J]. 远程教育杂志, 2020, 38(6):62-72.
- [21] 张敏, 冉畅, 张芳. 游戏化在线教育对学习效果影响的元分析[J]. 图书馆论坛, 2022, 42(5):130-139.
- [22] 王改花, 傅钢善. 知识类型、呈现方式与学习风格对大学生在线学习的影响: 基于眼动的证据[J]. 现代教育技术, 2021, 31(9):45-54.

- [23] CHENG H, YEN, CHUAN I, et al. An Analytics-based Approach to Managing Cognitive Load by Using Log Data of Learning Management Systems and Footprints of Social Media[J]. *Journal of Educational Technology & Society*, 2015, 18(4):141-158.
- [24] 杨彦军, 郭绍青. E-Learning 学习资源的交互设计研究[J]. *现代远程教育研究*, 2012(1):62-67.
- [25] JUST M A, CARPENTER A, et al. A Theory of Reading: From Eye Fixations to Comprehension[J]. *Psychological Review*, 1980, 87(4):329.
- [26] WANG C, FANG T, GU Y. Learning Performance and Behavioral Patterns of Online Collaborative Learning: Impact of Cognitive Load and Affordances of Different Multimedia[J]. *Computers & Education*, 2020, 143:103683.
- [27] 裴珊珊. 基于认知负荷的在线课程教学界面布局设计策略研究[D]. 镇江: 江苏大学, 2021.
- [28] Effects of Interface Layout Design on Mobile Learning Efficiency: A Comparison of Interface Layouts for Mobile Learning Platform[EB/OL]. (2021-12-05)[2022-05-11]. <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/LHT-12-2021-0431/full/html>.
- [29] 马志岩. 基于认知负荷理论的在线学习活动设计[D]. 济南: 山东师范大学, 2013.
- [30] 李梅, 葛文双. 基于项目的在线协作学习支架策略探究[J]. *现代远程教育*, 2021(1):40-47.
- [31] 刁永锋, 刘明春, 杨海茹. 网络视频公开课学习行为眼动实验研究[J]. *现代教育技术*, 2014, 24(11):81-87.
- [32] CHOI Y, KI M. Learning Analytics for Diagnosing Cognitive Load in E-Learning Using Bayesian Network Analysis[J]. *Sustainability*, 2021, 13(18):10149.
- [33] 崔宁. 网络学习环境下学习者认知负荷优化研究[D]. 绵阳: 西南科技大学, 2016.
- [34] 李飞飞, 李兴保. 虚拟学习社区中认知负荷的优化控制研究[J]. *教育现代化*, 2017, 4(49):252-255.

Research Progress on Cognitive Load of Online Learners (2007-2021)

BIAN Kun, WANG Yan

(School of Art and Design, Inner Mongolia University of Science and Technology,
Baotou Inner Mongolia 014010, China)

Abstract: Taking 488 domestic and international literature from 2007 to 2021 as the object, the paper uses CiteSpace to visually analyze the number of literature, keywords, and research hotspots on cognitive load in distance education both domestically and internationally. And it uses literature analysis to sort out the cognitive load models and measurement methods, influencing factors of learning effectiveness, and research on learning strategy optimization in domestic and foreign distance education, and summarizes the research status of cognitive load in distance education. On this basis, it proposes three development trends in research related to cognitive load in distance education: the support of in-depth mining technology for the establishment of cognitive load measurement model, the exploration of other methods of introducing cognitive load measurement, and the exploration of how to convert “research findings” into “design strategies”.

Keywords: distance education; cognitive load; measurement method; learning effect

[责任编辑 许炎]