

智慧学习环境中的认知负荷问题

高媛¹ 黄真真² 李冀红¹ 黄荣怀¹

(1. 北京师范大学智慧学习研究院,北京 100082; 2. 北京师范大学发展心理研究所,北京 100875)

[摘要] 如何合理使用媒体资源和技术工具,设计有效的教学策略,促进学习者的认知加工和学习效果,已成为智慧学习环境研究的重要问题。本文从认知负荷理论的视角出发,对智慧学习与学习者认知负荷有关的一系列问题进行梳理和解析,总结了智慧学习环境中影响认知负荷的四个要素——知识、技术、策略和学习者。围绕这些要素,本研究结合大量相关实证研究成果,针对智慧学习环境中可能遇到的信息加工和知识建构、媒体技术的开发与应用、教学策略的设计与选择以及学习者特征等关键问题进行深入解读。任何教学材料和教学策略都需要适应学习者的认知加工规律,认知负荷的相关原则可以为智慧学习环境中工具、资源等元素的设计提供有效指导,这一理论应该引起教育者和研究者更多的关注。

[关键词] 认知负荷; 智慧学习环境; 技术; 策略; 学习者

[中图分类号] G442 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1007-2179(2017)01-0056-09

一、智慧学习环境发展与潜在问题

学习环境是支撑学习发生的重要场所。随着物联网、云计算、大数据等新一代信息技术的迅猛发展和广泛运用,学习环境越来越趋向智慧化,逐渐发展出一种新型学习环境——智慧学习环境。

黄荣怀等(2012)提出,智慧学习环境是一种能够感知学习情景、识别学习者特征、提供合适的学习资源与便利的互动工具、自动记录学习过程和评测学习成果,以促进学习者有效学习的场所或活动空间。打造智慧学习环境的主要目的是促进学习者开展有效的学习(陈明选等,2013),具体表现在促进学习者对海量知识信息进行提炼、内化并将其迁移应用于复杂情境,从而促进学习者的智慧发展。

相比于传统的学习环境,智慧学习环境具备更加丰富的资源、工具以及技术,可以为多种形式的教学活动提供支持。在智慧学习环境中,每个学习者拥有一个智能移动设备,借此学习各种各样的学习资源,如电子教材、教学视频等,并与同伴、教师交流互动。另一方面,教师由此可以获得任何形式的资源支持各种类型的教学活动的开展,比如教师可以通过虚拟仿真资源为学习者搭建“真实”的学习场景,带给学习者身临其境之感,促进学习者知识的内化和迁移应用。智慧学习环境中的设备摆放也更灵活,可以促进各种形式的小组协作学习。

然而,这种学习环境也更容易出现媒体形式呈现信息使用不当、冗余信息过多、学习者注意力难以集中等问题,从而导致学习过程中的认知负担过重,不

[收稿日期] 2016-11-18

[修回日期] 2016-12-20

[DOI 编码] 10.13966/j.cnki.kfjyyj.2017.01.007

[作者简介] 高媛,博士,研究员,研究方向:现代教育技术、智慧学习环境、认知负荷理论、教育心理学理论及应用(yuangao0304@163.com);黄真真,硕士研究生,研究方向:婴幼儿认知发展;李冀红,博士研究生,研究方向:教育信息化与智慧教育、知识科学与知识工程;黄荣怀(通讯作者),教授,博士生导师,北京师范大学教育信息化协同创新中心副主任、北京师范大学智慧学习研究联席院长,研究方向:智慧学习环境、计算机支持的协作学习、知识科学与知识工程、智慧教育计算引擎等(huangrh@bnu.edu.cn)。

利于学习者的有效学习。在这种新型学习环境下,如何合理配置媒体资源和“善用”技术工具、有效设计教学策略、最大限度地提高学习者的认知加工和学习效果、促进高级教学目标的实现是许多教育者和研究者共同关注的问题。

二、智慧学习环境中与认知负荷相关的要素

(一) 认知负荷理论

任何学习都离不开注意、记忆、思维、想象等认知活动的参与。大量研究表明,人类的认知活动与人的工作记忆密切相关。工作记忆主要负责获取和暂时保存当前情境中的信息,通过与长时记忆中的信息进行关联,从而获得对任务的整体理解(Baddeley 2010; 赵鑫等, 2010)。但是工作记忆的容量有限,当学习环境中的目标信息过于丰富或呈现方式不当时,就容易导致学习者的工作记忆容量超载,影响学习者的认知加工。

20世纪80年代,著名教育心理学家约翰·斯维勒(John Sweller)教授基于工作记忆的局限性提出了认知负荷理论。认知负荷理论是一种根据人脑认知结构而建构的教育心理学理论,主要用于解释不同教学设计的学习效果。认知负荷理论涉及人类各种认知活动(问题解决、思考、推理等等)附加于工作记忆的负荷总和(Sweller, 2004, 2005, 2010, 2012; Gao, Liu, & Paas, 2015; Liu et al., 2015)。

认知负荷分内部认知负荷(intrinsic cognitive load)和外部认知负荷(extraneous cognitive load)两类(Sweller, 2010, 2012)。内部认知负荷指由学习任务和学习材料本身的难度产生的认知负荷,无法因为教学设计的优化而降低,它与学习者的先验知识和学习材料或任务的复杂性有关。

外部认知负荷指由于不恰当的教学方式或资料呈现和组织方式带来的不必要的认知负荷。例如,学习材料中的图片及其解释如果采用图文形式呈现,所产生的认知负荷要高于采用图片加声音的形式。智慧学习环境中的富媒体资源如果配置不当,很容易带来不必要的外在认知负荷,对学习产生负面影响。

早期的认知负荷理论还包括相关认知负荷(germane cognitive load)指当把认知资源投入到与内在认知负荷相关的认知活动时所产生的负荷(Kalyuga, 2005; Sweller, 2003, 2004)。这种负荷只致力于问题

解决和知识构建,因此是一种有益的认知负荷。目前,这种认知负荷已经被研究者归类为一种内在认知负荷,不再作为独立的认知负荷类型。

教育工作者的任务是尽可能降低学习者的认知负荷并提升学习效果。然而,由材料和内容本身的认知难度带来的内部认知负荷,除非改变学习材料或者任务,否则单纯通过教学设计无法改善,因此教学者只能通过降低外部认知负荷的方式减轻总认知负荷。此外,教学者也需采取适当的教学策略,将学生的认知资源引导至与内部认知负荷相关的学习活动中。例如,通过变化题目形式,使学生投入更多的认知资源对比不同形式的异同,找出其中的规律,从而实现深层次学习。然而,任何教学策略应用的前提,都是确保认知负荷总量不超过工作记忆所能承载的范围。为了有效降低教与学过程中的认知负荷,斯维勒教授等人经过30多年的研究提出了一系列认知负荷效应(见表一)。这些认知负荷效应可以应用于各种类型的教学活动、媒体资源及教学环境设计中,从不同角度降低学习者的外部认知负荷。

(二) 智慧学习环境中的认知负荷问题

不同研究者在对“智慧学习”的界定中,都强调自我导向、开放协作、资源丰富、技术嵌入、适应学习者个性需求等基本特征(贺斌, 2013)。智慧学习环境中的认知过程,包括学习者个体的知识建构和学习社群成员之间的协同知识建构,这些过程是有效学习的基础。这一环境下的学习也离不开各类媒体资源和技术工具的支持,以及教学策略的适当引导。学习者和教师通过学习方式和教学方式,与学习资源、智能工具、学习社群等要素相互关联、相互作用,共同促进学习者有效学习的发生(黄荣怀等, 2012)。认知负荷理论正是以学习者的认知加工过程为基础,针对教与学过程中使用的学习材料、媒体工具和教学策略提出具体的设计原则,从而优化学习者的知识建构和学习过程。通过分析智慧学习环境的构成要素,以及认知负荷理论关注的各项学习要素,本文总结了智慧学习环境中与认知负荷相关的四大要素——知识、技术、策略和学习者(见图1)。

知识主要指学生在学习过程需要加工处理并且在长时记忆里存储的所有信息。知识传递贯穿于整个教学过程,支撑学习者能力和素养的提高;完成知识建构是教学和学习的根本目的。在智慧学习环境

表一 常见的认知负荷效应及其解释

认知负荷效应	解 释
样例效应	为学习者提供展示解决方法的样例,相比于直接通过解决问题来学习,会产生更好的学习效果。
注意力分散效应	当图片信息与相应的文字解释信息相分离时,容易导致学习者的注意力分散从而增加认知负荷,可以通过将这些信息整合到一起降低认知负荷。
冗余效应	无法帮助建立认知图式的多余信息源会干扰学习效果。
形式效应	用多种形式(如视觉、听觉)的信息来源代替单一的信息来源,如用声音配合图表比单纯用文字配合图表的形式更利于学习者信息加工。
目标自由效应	用目标自由(学习目标不很明确)的题目代替为学习者提供特定目标的传统题目,更有利于学习迁移。
瞬时效应	对于难度较大的任务,学习者容易遗忘刚刚获取的信息,这时需要提供一些可以被学习者反复使用的资源。
能力反转效应	对初学者来说很有效的教学方法,在已具备丰富的专业知识的学习者身上可能无效,甚至产生相反的效果。
指导消退效应	随着学习者专业知识的增加,在呈现样例后,应该让其尝试解决部分问题,随后尝试解决整个问题。

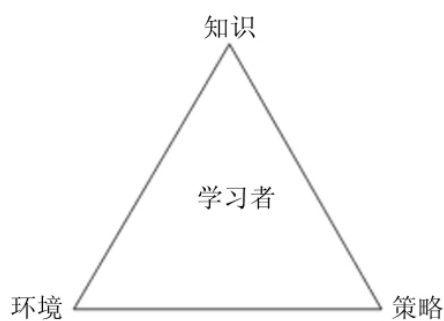


图1 智慧学习与认知负荷相关的四大要素

中,知识的主要载体是教学材料,其中知识颗粒度的划分影响着学习者的信息加工和知识建构。知识颗粒度过大表明包含的信息量大,可能造成较多的认知负荷,过小会导致学习者的认知浪费,同样难以促进有效学习的发生。

技术主要指用来支持教与学过程开展的媒体技术手段,是智慧学习环境中知识传递的重要载体。智慧学习环境中媒体技术形式多样,内容丰富,可以满足各种教学活动的需要,是教学过程的重要支持。媒体的设计开发与组织若不当,学习者在使用媒体与技术的区别与联系时就可能出现认知负荷超载现象,从而阻碍学习过程。

策略主要指教学过程中使用的方法手段,包括教学过程的设计、教学方式的选择以及教学进度的安排等。不同于传统教室环境,智慧学习环境中的教学设备和工具更加丰富,教学策略的选择更加多元。然而,不同教学策略会给学习者带来不同程度的认知负荷,如何有效地安排教学以优化学习者认

知资源的运用,需要重点关注。

学习者是学习的主体,教学的核心。教学环境的设置、媒体技术的应用及教学策略的选择都应以学习者的特征和需求为依据。虽然个体的认知加工过程规律相同,但是学习者的先验知识、认知风格以及态度动机等往往差异明显,其对教学资源、策略的需求也往往不同。因此智慧学习环境中的有效学习,需要根据学习者的特征提供相应的教学资源和策略,避免学习者的认知负荷过重或认知资源浪费。

结合认知负荷理论的相关实证研究成果,下文尝试针对智慧学习环境中可能遇到的信息加工和知识建构、媒体技术的开发与应用、教学策略的设计与选择以及学习者特征等关键问题提供解读和建议。

三、智慧学习环境中认知负荷问题解读

(一) 知识

1. 学生如何进行知识建构?

智慧学习环境中新兴技术的应用给教学注入了很多新的元素,然而,新技术的使用并不会改变学生用于信息加工的认知系统,其与传统教学环境下的知识建构过程是一致的。认知负荷理论假设人类的认知结构由工作记忆和长时记忆组成,其中工作记忆在容量和维持时间上均存在局限性,过多新信息的输入会造成工作记忆超载。因此,有效的教学需要把信息加工控制在学生工作记忆所能承受的范围;这样信息加工才能顺利完成,并最终被存储在容量相对无限的长时记忆中,完成知识建构过程。另一方面,长时记忆中的知识积累也会对信息加工产

生助力。

认知负荷理论认为,个体工作记忆的局限性在学习过程中扮演着核心角色,任何教学设计都应该基于人类认知系统(Sweller, 2003, 2004, 2010)。智慧学习环境带来了信息传递的多元性,使得学习内容更加丰富,教学模式更加多样,学习动机得到激发,同时也提高了学习过程中认知负荷超载的风险和可能性。教学过程应该以人脑认知结构为基础、以工作记忆的局限性为核心,控制同一时间传递信息的数量和关联程度,避免认知负荷超载对学习的负面影响。

2. 网络课程应如何分解知识模块和学习单元?

课程本身的难度属于内部认知负荷,无法通过优化教学设计而降低。因此,想获得某种难度的知识,就必须使用一部分认知资源对其进行加工,也就是必须承担某种程度的内部认知负荷,即内部认知负荷总量虽然无法减少,但可以通过调整课程的知识结构进行调节。例如,研究者在大量实验研究基础上提出“分离关联元素效应”(isolated-interacting elements effect)以及“模块碎片化效应”(molar-modular effect)。“分离关联元素效应”认为,当学习材料的难度过高时,应该将知识分解为逐次呈现的多个小模块,避免一次性呈现所有关联性的信息元素。研究发现,实验组在学习复杂材料之前,通过知识模块分解、逐个呈现的方式取得的学习成效显著高于控制组同时学习全部材料的效果。主要原因在于知识模块的分解降低了内部认知负荷,避免了同时处理复杂关联信息带来的认知负荷超载。当学生先对一些独立呈现的模块完成了知识建构,随后即使同时呈现所有的学习材料,学生也能依靠已经存储在长时记忆中的相关信息帮助处理信息,将认知负荷控制在在工作记忆能够承受的范围内(Pollock et al., 2002)。“模块碎片化效应”则认为,在学习复杂问题的解法样例时,应该将问题结构的特征和解法步骤进一步分解成更小的元素,这样一方面减少了学生同时加工的信息数量,另一方面让问题特征和解法的联系更加直接、清晰(Gerjets et al., 2006)。这两种效应均通过模块分解的方式,调节内部认知负荷,保证学习的有效性。

然而,知识模块不是划分得越细越好。认知负荷理论认为,一切认知负荷效应只有在学习复杂材

料时才会出现(Sweller, 1994)。如果需要加工的材料过于简单,内部认知负荷过低,教学指导就不能发挥应有的作用。因此,对于难度较高的学习材料,教师需要进一步将其划分为更小的单元,先分别独立地呈现每个元素,再呈现其交互关系。对于难度较低的学习材料,应该适当增加难度,将学习任务的内部认知负荷调整到合适的水平。

内部认知负荷的高低还取决于学生的先验知识水平(Kalyuga, 2007)。长时记忆中的知识储备可以帮助学生将多个高度关联的信息元素组织成单一的信息元素。缺乏背景知识的学生觉得困难的学习任务,对于已掌握一定知识的学生来说也许很简单。因此,每个教学单元究竟应该容纳多少知识、如何分解知识模块均取决于学生的领域知识水平。这一方面需要依靠老师的经验——对于具体教学材料和学生水平的认识——决定呈现的材料或知识数量,另一方面若教师不清楚学生的先验知识水平,可以通过简单的课前测试了解学习者,并提供合适的教学指导。在课程的不同阶段,教师也要反复测试学生的知识状态,从而确定是否能够进入下一个教学单元,或调整下一步的教学内容和教学策略。

(二) 技术

1. 在智慧学习环境下,如何选择和配置使用不同形式的媒体技术和工具?

常见的几种认知负荷效应,如注意力分散效应(split-attention effect)(Ayres & Sweller, 2005),冗余效应(redundancy effect)(Sweller, 2005),形式效应(modality effect)(Low & Sweller, 2005),瞬时效应(transient effect)(Leahy & Sweller, 2011),能力反转效应(expertise reversal effect)(Kalyuga, 2005; 2007)等,均可以运用于智慧学习环境下的媒体技术选择和配置。例如,瞬时效应对于动态视觉媒体的使用提出了建议。随着教育技术工具的发展,更多的动态视觉媒体(dynamic visualizations)被应用于课堂(如视频、动画)。相比于传统的静态图片,这些媒体具有独特的优势。尽管很多技术研发者和教师相信,这些动态媒体在传递瞬间变化的信息上更加有效,但认知负荷理论的研究表明,学习过程中这些材料可能会带给学生更多不必要的认知负荷。由于这些材料所呈现信息的瞬时性,学生需要在保持工作记忆正在处理的信息的同时,加工外界不断输

入的新信息。如果前一段信息还没完成加工(存储到长时记忆中)就开始加工下一段信息,那么新信息会对前面的加工产生干扰,影响学习效果。一些方法有助于消减这种负面影响,比如将一段动画分解为更短的独立小片段(Spanjers et al., 2010),其中的间隔可以给学生更多时间处理前一段信息;或者在动画场景中保留一些关键信息的视觉线索(Marcus et al., 2006),学生就可以在需要时反复加工这些信息,而不需要将之前的信息一直保持在工作记忆里。

注意力分散效应的相关研究也指出,当学习者将注意力分配到时空有一定间隔的不同学习材料(这些材料对学生有一定难度),并只有通过整合不同来源的信息才能理解每一段材料时,就可能引起学习的认知负荷超载。这类效应的例子,包括在视频中呈现字幕,在动画中呈现动态变化的解释性文字,或者同时相邻呈现两种媒体材料。为了避免这种注意分配,多媒体材料的设计者可以将不同来源的信息整合呈现,比如尽量减少它们在空间排布上的距离,将标签、指导语放在其所指代物体的旁边,或者避免同时呈现动态变化的信息(比如视频和动画)(Mayer et al., 1995; Sweller et al., 1990)。

此外,选择使用任何技术和工具都需要充分的理由,不能只因为其功能强大就使用,而是应该先结合这种技术为什么有利于学习的理论,设计严格控制的教学实验去检验其有效性,然后才在教学中引入。任何教学方式和技术都有自己的局限性,一旦研究表明某种技术是有效的,下一步就应该寻找它什么时候是无效的,而不该过分鼓吹它的效果。即使某种技术确实被证明能够提高学习效率,在学生对其使用和操作还不熟悉时进行学科内容教学,也可能造成认知负荷过重,影响学习效果。所以技术的教学应用可以分步实施,比如先进行相关技术的教学,再学习具体学科知识(Clarke, Ayres, & Sweller, 2005)。当学生积累了较多的技术使用经验后,再应用这些技能学习知识。

2. 在智慧学习环境下,如何设计基于多媒体技术的学习材料和内容?

任何学习材料的设计都需要适应人类认知系统的信息加工规律,基于多媒体技术的学习内容的设计也需遵循这一原则,根据认知负荷原则组织学习

材料。例如,在设计基于虚拟现实技术的学习内容时,虽然提供丰富的感官刺激能够带来沉浸式学习体验,但如果这些信息和学习内容无关,或者只是提供了额外的冗余信息,造成冗余效应,那么它对于学习可能是灾难,导致学生无法将有限的认知资源投入到与学习目标相关的对象上。有研究发现,三维虚拟模型的教学效果并不理想,其中丰富的视觉元素可能会分散学生对关键内容的注意,导致认知负荷超载,影响学习效果(Richards & Taylor 2015)。

再如,我们越来越多地使用移动设备进行学习,这些设备的便携性允许我们在生活情境下随时随地学习真实事物和虚拟内容,认知负荷效应的教学原则同样适用于移动学习。认知负荷理论的形式效应认为,工作记忆拥有分别处理视觉信息和听觉信息的信息加工通道,当我们在教学中不得不开呈现彼此关联的视觉信息时(如图表必须搭配文字解释才能理解,而文字又因为空间局限无法完全嵌入图表中),这时可以通过音频信息呈现这些文字内容,增加工作记忆的信息加工能力,提高学习效果。在运用移动设备观察实物时,如果移动设备需要配合呈现相关的介绍和解释,最好通过听觉通道呈现言语信息,而不是让学生观看移动设备上的文字,这样可以降低视觉通道的认知负荷。

3. 在智慧学习环境下,如何设计学习者与学习材料或工具之间的交互方式?

一些研究确实发现,相比被动观看,当学生可以与媒体材料或工具进行交互时,可以取得更好的学习效果。比如,在化学模拟软件中,学生操纵气体的属性(比如温度、体积、压强),并且观察这些参数改变带来的结果,可以激励他们投入更多的认知资源到学习活动中(Hegarty, 2004)。学习者与材料之间不同类型的交互方式的研究发现,相比于只允许控制材料呈现进度,允许学生进行内容操纵可以产生更好的学习表现(Plass et al., 2007)。

但增强学习材料的交互性并不一定有利于学习。虽然大多数支持交互性对学习有积极效果的研究强调交互性增强了学生学习动机,有效地引导了学生的注意力,但交互性不是增强学习动机的唯一途径,若设置不当,引入多余、无关的分心刺激,反而会减少学生对关键学习内容的注意,增加不必要的外部认知负荷,影响学习效果。因此,设计交互元素

时,要考虑它是否真的有价值,交互方式也应尽量简单明了,方便学生快速掌握。

(三) 策略

1. 在智慧学习环境中教学的主要策略和原则是什么?与传统环境有何不同?

智慧学习环境中存在大量基于多媒体技术的教学工具,使得传递知识的载体和内容呈现形式变得更加多样化。然而,这一环境中的教学策略与传统教学环境相比没有本质不同,仍然要以人脑认知结构的特点和信息加工规律为基础,遵循认知负荷的相关原则。由于这一环境具有更加多元的信息,在实际教学中考虑工作记忆的局限性和引发认知负荷的因素就变得尤为重要。在设计课程时,教师可以通过借鉴多种认知负荷效应,尽量减少外部认知负荷,调节内部认知负荷,并运用策略引导学生将有限的认知资源投入到处理与内部认知负荷(学习任务)相关的活动中。教师在教学中还可以采用问卷等方式对学生的认知负荷水平进行动态的测量与评估,及时调整不当的教学策略。

2. 如何设计和优化网络学习路径,以支持学生网上自主学习?

在网络学习环境中,很多学习材料通过超链接的网状结构互相关联、组织在一起。相比于传统的线性组织的学习环境,学习者拥有了更多选择不同学习路径的机会。但是,当学生在复杂的超链接环境中探索大量学习路径时,这种搜索过程可能会耗费大量认知资源,造成认知负荷超载,使得有限的认知资源无法真正投入到知识建构中(DeStefano & LeFevre, 2007)。因此,网络课程中的路径结构优化至关重要,若系统能提供清晰适当的导航,尽量减少每条路径上不必要的链接,避免信息的无规律布局和冗余,学生也可以从中受益。

学生的知识状态随着学习进程发生着动态变化,有研究提出应该让学生选择适合自己当前状态的学习策略。但是这种方法的有效性取决于学生自身的能力,具有较多领域知识的学习者可以更好地控制自己的学习内容和顺序。初学者需要更多外界指导,因为他们不清楚学习这些内容是容易还是困难,要花多少时间学习,需要学习到何种程度才能够继续学习下一个知识点,前后知识点是否紧密关联(Sweller, 2010)。不仅教师可以提供面对面的指

导,学习材料本身(任何书本、网络资源)也应该提供这种“学习指导”,对内容进行更好的设计和组织。

在具体学习材料的呈现进度(pacing)上,特别呈现信息量很大的材料时,应该给予学生控制权,比如允许暂停或回放教学视频。这种控制不仅让学生有更多时间加工和巩固当前的信息,还能提供重新学习缺漏内容的机会(Schwan & Riempp, 2004)。比如,通过使用滚动条控制动画的播放,学生不仅可以反复学习较难的内容,还可以根据需要减慢或者加速动画的播放,从而更好地获取关键信息。

3. 在智慧学习环境中,教师指导和学生自主探索的学习方式之间如何取得平衡?

一些多媒体教学环境(比如模拟学习系统)允许学生自由开展发现式学习(discovery-based learning)或探索式学习(exploration-based learning)。这种学习方式的支持者通常认为,学生通过与学习材料交互、探索复杂的现象、尝试应用所学的原则,可以对现象背后的因果规律形成更深入的认识,激发学习动机。然而,认知负荷理论指出,在缺乏指导的自主学习环境中,学生会使用随机尝试的方式寻找问题解决方案。这种尝试和搜寻会带来不必要的认知负荷,耗费认知资源,尤其对于缺乏足够领域知识的学生来说更是如此。

许多研究表明,对于初学者,应该提供比较详细、直接的指导;对于中等水平的学生,应该混合使用直接教学与练习、强化已学过的知识的方法;对于更高级的学习者,应该在问题解决和探索学习任务中尽量最小化指导和干预(de Jong, 2005)。例如,有研究发现,在学习计算距离和几何坐标系中的射影时,那些水平较低的学生,从教师提供指导的工作样例中学习的效果更好;水平较高的学生尝试自主解决问题的效果更好(Kalyuga & Sweller, 2004)。在另一个应用模拟平台学习数学统计问题的研究中,详细的学习指导对初学者而言更有效,但这种包含每个学习步骤的指导限制了高水平学生用自己熟悉的方法进行学习,耗费了他们的认知资源,阻碍了学习成效。所以对于高水平学生而言,细节度较低的学习指导更有效(Hsu, Gao, Liu & Sweller, 2015)。总之,随着学习者领域知识的增加,自主探索、问题解决或者游戏化的学习环境可以促进特定

领域的高级知识和技能的掌握,但在学生领域知识不足的情况下,教学者仍然需要提供足够的指导和支持。

(四) 学习者

1. 智慧学习环境中,学生个体特征的差异会对教学策略的选择产生怎样的影响?

认知负荷理论认为,学生的领域知识(domain-knowledge)水平对教学设计起着决定作用(Sweller, 2010)。对于高水平学生而言,他们已经在长时记忆中建立了较多的关于领域知识的认知图式(cognitive schemas)。这种网状的知识体系,可以帮助学习者将原本独立的几个相关联的学习元素组织成一个更大的单元。当新信息进入工作记忆加工时,长时记忆会提取出认知图式里的相关知识,帮助新信息的加工,也就是将包含众多关联元素的信息理解为单一元素信息,增加了工作记忆的信息处理能力,降低了认知负荷。例如,在初学一门外语时,我们是以每个单词为信息加工单位的;随着我们对这一语言越来越熟悉,长时记忆中的语言知识愈加丰富,信息加工单位就变成了一个个句子。相反,对于低水平学生而言,当新信息进入工作记忆时,因其长时记忆缺乏足够的相关的认知图式,需要逐个处理每个元素以及元素之间的关系,造成较高的认知负荷。若教学策略使用不当,产生过高的外部认知负荷,就会导致总认知负荷超载。因此,在学生缺少领域知识处理复杂材料时,我们就需要提供更多的外在支持,进行有效的教学指导。例如,认知负荷理论提出的样例效应就是为了“拟补”学生先前知识的不足,用具体的样例简化学生搜寻解法的步骤,减少学习中的认知负荷。

然而,这也可能产生另一个问题:若老师的教学指导和学生已有知识之间出现重复,学生则需要将这些外在指导和自己的长时记忆里的知识结构整合起来,这样增加了认知负荷,影响新知识的获取。这里涉及另一个重要的认知负荷效应——能力反转效应。随着学生经验的增加,不同教学方法的有效性会发生变化,对初学者有用的方法可能对熟练者无效,甚至可能阻碍学习(Kalyuga, 2007)。

我们通常认为,相较于文字表征的材料,图像表征能够更好地帮助学生理解学习内容。但是,针对不同水平的学生应该使用不同形式的材料:对于低

水平的学生,可以提供整合了多种表征形式的材料,比如同时包括语言和图像信息、具体事物和抽象符号;而对于高水平的学生,可以提供只有一种表征形式的材料,额外的信息对于他们来说是冗余的,可能干扰学习过程(Lee, Plass, & Homer, 2006)。

另外,教学材料的组织顺序也需要考虑学生水平的差异。比如,在一项研究中,学生学习串联和并联电路,教师使用了三种不同的教学方式:第一种是先呈现提供解决方法的工作样例,再呈现具有相同结构的问题进行练习;第二种是同时呈现练习问题和工作样例;第三种是在提供的工作样例中逐步减少引导,即从最后一步开始逐渐省略解法步骤。研究表明,对于初学者来说,第一种教学方式最有效,高水平的学生更适合后两种方式(Reisslein, Atkinson, Seeling, & Reisslein, 2006)。所以,适合初学者的教学指导,可能对高水平的学习者会产生负面影响,干扰他们对自身已有知识结构的提取和应用,特别是他们不得不加工这些多余的解释。

2. 在智慧学习环境下,协作性学习能否帮助减轻个体的认知负荷?

许多研究表明,当学习任务比较复杂,也就是具有更高的内部认知负荷时,合作学习是一种更加有效的策略。任务信息可以分配到不同小组成员的工作记忆里进行加工,能够减轻每个学生的认知负荷。但对于那些比较简单的任务,个体独立解决并不困难,那么合作学习则可能会降低效率,因为这类学习需要很多小组沟通和协商的过程,会给学生带来额外的认知负荷,无论这种人际互动是否有益于学习(Kirschner et al., 2008)。有研究发现,对于相对简单的记忆任务,个体独立学习的方式更有效(Vollrath et al., 1989);对于更复杂的问题解决任务,合作学习的方式更有效,能够促进个体成员的任务表现(Ohtsubo, 2005)。所以当使用合作学习策略时,需要保证给予各小组的学习任务是较为复杂、个体不容易解决的。

此外,合作学习策略其实是为个体提供一种支架(scaffolding)。如果学习内容本身需要教师提供支架式引导,则不需要再进行合作学习,因为合作学习可能会分散注意力、造成重复学习(信息冗余)、耗费认知资源。但在缺乏老师教学引导的情况下进行问题解决时,合作学习策略可能是有效的,因为协

作学习会分担探索过程中的认知负荷。人类是社会动物,喜欢进行小组协同工作是一种先天的倾向,但这并不意味着小组学习的效果一定比个人学习好,我们应该正视这种学习方法的局限性。例如,如果让知识水平、信息掌握情况基本相同的学生进行合作,这种方法很可能不起作用;而当学生拥有不同类型的知识和信息时,合作学习可能就是有效的。

[参考文献]

- [1] Ayres, P., & Sweller, J. (2005). The split-attention principle in multimedia learning[M]. Cambridge University Press: 135-146.
- [2] Baddeley A. (2010). Working memory[J]. *Current Biology*, 20(4): 136-140.
- [3] 陈明选,陈舒(2013). 论信息化环境下大学生的有效学习[J]. *高等教育研究*, (9): 65-72.
- [4] Clarke, T., Ayres, P., & Sweller, J. (2005). The impact of sequencing and prior knowledge on learning mathematics through spreadsheet applications[J]. *Educational Technology Research and Development*, 53(3): 15-24.
- [5] de Jong, T. (2005). The guided discovery principle in multimedia learning[M]. Cambridge University Press: 215 - 228.
- [6] DeStefano, D., & LeFevre, J. A. (2007). Cognitive load in hypertext reading: A review[J]. *Computers in Human Behavior*, 23(3): 1616-1641.
- [7] Gao, Y., Liu, T. C., & Paas, F. (2005). Effects of mode of target task selection on learning about plants in a mobile learning environment: Effortful manual selection versus effortless QR-Code selection[J]. *Journal of Educational Psychology*.
- [8] Gerjets, P., Scheiter, K., & Catrambone, R. (2006). Can learning from molar and modular worked examples be enhanced by providing instructional explanations and prompting self-explanation? [J]. *Learning and Instruction*, 16(2): 104-121.
- [9] 贺斌(2013). 智慧学习:内涵、演进与趋向——学习者的视角[J]. *电化教育研究*, (11): 24-33.
- [10] Hegarty, M. (2004). Dynamic visualizations and learning: Getting to the difficult questions[J]. *Learning and Instruction*, 14(3): 343-351.
- [11] Hsu, Y., Gao, Y., Liu, T. C., et al. (2015). Interactions between levels of instructional detail and expertise when learning with computer simulations[J]. *Journal of Educational Technology & Society*, 18(4): 113-127.
- [12] 黄荣怀,杨俊锋,胡永斌(2012). 从数字学习环境到智慧学习环境——学习环境的变革与趋势[J]. *开放教育研究*, 18(1): 75-84.
- [13] Kalyuga S. & Sweller J. (2004). Measuring knowledge to optimize cognitive load factors during instruction[J]. *Journal of educational psychology*, 96(3): 558-568.
- [14] Kalyuga, S. (2005). When less is more in cognitive diagnosis [M]. Lawrence Erlbaum Associates.
- [15] Kalyuga S. (2007). Expertise reversal effect and its implications for learner-tailored instruction[J]. *Educational Psychology Review*, 19(4): 509-539.
- [16] Kirschner, P. A., Beers, P. J., Boshuizen, H. P. A., et al. (2008). Coercing shared knowledge in collaborative learning environments[J]. *Computers in Human Behavior*, 24(2): 403-420.
- [17] Leahy, W., & Sweller, J. (2005). Interactions among the imagination, expertise reversal, and element interactivity effects [J]. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 11(4): 266-276.
- [18] Lee, H., Plass, J. L., Homer, B. D. (2006). Optimizing cognitive load for learning from computer-based science simulations [J]. *Journal of Educational Psychology*, 98(4): 902.
- [19] Liu, T. C., Lin, Y. C., Gao, Y., et al. (2015). Does the redundancy effect exist in electronic slideshow assisted lecturing? [J]. *Computers & Education*, 88: 303-314.
- [20] Low, R., & Sweller, J. (2005). The modality principle [M]. Cambridge University Press: 147-158.
- [21] Marcus, N., KhengJoo, A. L., Beng-Fei, K., et al. (2006). Animations with a trace lead to more effective learning than equivalent static graphics[C]. Meeting of the American Educational Research Association, San Francisco.
- [22] Mayer, R. E., Steinhoff, K., Bower, G., et al. (1995). A generative theory of textbook design: Using annotated illustrations to foster meaningful learning of science text[J]. *Educational Technology Research and Development*, 43(1): 31-41.
- [23] Ohtsubo, Y. (2005). Should information be redundantly distributed among group members? Effective use of group memory in collaborative problem solving[J]. *Applied Cognitive Psychology*, 19(9): 1219-1233.
- [24] Plass, J. L., Homer, B. D., Milne, C., et al. (2007). Representational mode and cognitive load: Optimizing the instructional design of science simulations[C]. Annual convention of the Association for Educational Communication and Technology (AECT).
- [25] Pollock, E., Chandler, P., & Sweller, J. (2002). Assimilating complex information[J]. *Learning and Instruction*, 12(1): 61-86.
- [26] Reisslein, J., Atkinson, R. K., Seeling, P., et al. (2006). Encountering the expertise reversal effect with a computer-based environment on electrical circuit analysis[J]. *Learning and Instruction*, 16(2): 92-103.
- [27] Richards, D., & Taylor, M. A. (2015). Comparison of learning gains when using a 2D simulation tool versus a 3D virtual world: An experiment to find the right representation involving the Marginal Value Theorem[J]. *Computers & Education*, 86: 157-171.
- [28] Schwan, S., & Riepp, R. (2004). The cognitive benefits of interactive videos: Learning to tie nautical knots[J]. *Learning and Instruction*, 14(3): 293-305.
- [29] Spanjers, J. A. E., Van Gog, T., & Van Merriënboer, J. J. G.

(2010). A theoretical analysis of how segmentation of dynamic visualizations optimizes students' learning [J]. *Educational Psychology Review*, 22(4): 411-423.

[30] Sweller J., Chandler P., Tierney P., et al. (1990). Cognitive load as a factor in the structuring of technical material [J]. *Journal of Experimental Psychology: General*, 119(2): 176.

[31] Sweller J., & Chandler P. (1994). Why some material is difficult to learn [J]. *Cognition and Instruction*, 12(3): 185-233.

[32] Sweller, J. (2003). *Evolution of human cognitive architecture* [M]. Academic Press: 215-266.

[33] Sweller, J. (2004). Instructional design consequences of an analogy between evolution by natural selection and human cognitive architecture [J]. *Instructional Science*, 32: 9-31.

[34] Sweller, J. (2005). *Implications of cognitive load theory for multimedia learning* [M]. Cambridge University Press: 19-30.

[35] Sweller J. (2010). Element interactivity and intrinsic, extraneous, and germane cognitive load [J]. *Educational Psychology Review*, 22(2): 123-138.

[36] Sweller, J. (2012). *Human cognitive architecture: Why some instructional procedures work and others do not* [M]. American Psychological Association: 295-325.

[37] Vollrath, D. A., Sheppard, B. H., Hinsz, V. B., et al. (1989). Memory performance by decision-making groups and individuals [J]. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 43(3): 289-300.

[38] 赵鑫, 周仁来 (2010). 工作记忆: 人类高级认知活动的核心 [J]. *北京师范大学学报 (社会科学版)*, 5(1): 38-44.

(编辑: 魏志慧)

Analysis of Cognitive Load in Smart Learning Environment

GAO Yuan¹, HUANG Zhenzhen², Li Jihong¹ & Huang Ronghuai¹

(1. *Smart Learning Institute, Beijing Normal University, Beijing 100082, China;*

2. *Institute of Developmental Psychology, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)*

Abstract: *With the continuous development of technologies, the learning environment tends to be increasingly intelligent. Under smart learning environment, topics on how to make use of media resources and technological tools as well as how to design the effective teaching strategies, which intend to improve the cognitive processing and learning effects, have become important research questions in this area. This study, from the perspective of Cognitive Load Theory, clears up and analyzes a series of problems related to learner cognitive load under smart learning environment. Based on the previous studies, four factors that can influence cognitive load induced from smart learning environment have been concluded: knowledge, technologies, strategies, and learners. Focusing on these factors and combining abundant empirical research results, this study makes some specific suggestions as well as deeply interprets some key issues including the possible information processing and knowledge construction in a smart learning environment, development and application of media technologies, design and selection of teaching strategies, and characteristics of learners, etc. Any teaching material or strategy need to adapt to the laws of learners' cognitive processing. Cognitive load principles can provide effective guidance for the design of elements like tools and resources in a smart learning environment.*

Key words: *cognitive load; smart learning environment; technology; strategy; learners*