人如何学习?

杰伦·范梅里恩伯尔

(马斯特里赫特大学 教育发展与研究系, 荷兰 马斯特里赫特)

□ 金琦钦 译 盛群力 校

[摘要] 所有类型的学习最终都导向长时记忆中的认知图式,即对信息或动作的类别及彼此之间的关系加以区分,形成一定的思维或行为模式。人通过建构与熟练认知图式,以及自我调节学习和 autodirected learning 对学习过程进行调节,其认知架构包括归纳学习和精细加工这一重构/建构认知图式的基本学习过程,以及知识编辑和强化这一熟练认知图式的基本学习过程。综合学习中同时发生的这四种基本学习过程,四元教学设计是面向综合学习的一种教学设计方式,强调要合理安排教育媒体与技术。

[关键词] 综合学习;人的认知架构;学习过程;长时记忆;自我调节学习

[中图分类号] G434 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1007-2179(2016)03-0013-12

一、引论

学习是指获得知识、技能和态度的行为、过程或经验,是所有人类生活所固有的。人通过实践、合作、探索、倾听、读书、研习、接受奖励、发现、提出和检验假设、试错、教学、抽象具体经验、观察他人、解决问题、分析信息、重复、设问、解释信息、讨论、考察类比、做笔记等开展学习。学习的内涵有广泛的包容性,这就使得回答“人如何学习”非常困难。

为了让学习和教学的相关研究更具操作性,人们通常在特定的“学习范式”(paradigms of learning)内形成理论(Van Merriënboer & De Bruin, 2014),这些理论往往只聚焦于特定的学习领域。比如,陈述性学习模式重视概念性知识建构的教学方法;程序性学习模式重视获得技能的方法;情感学习模式强调态度的形成(Bloom, 1956)。本文采取不同的立场,始于这样一个基本假设:所有类型的学习最终都导向长时记忆中的认知图式,即对信息或动作的类别以及彼此之间关系加以区分,从而形成一定的思维或行为模式(Piaget, 1953)。这一假设基于人的

一种认知架构,并有充分的文献依据(Sweller et al., 1998; Van Merriënboer & Sweller, 2005)。本文区分了重构/建构图式的学习过程(图式建构)与促使这些图式自动化的学习过程(图式熟练),并假设人通常可以监控自身的学习过程,即自我调节学习(Self-regulated learning, 简称 SRL)。

因此,本文旨在讨论人如何通过建构和熟练认知图式来开展学习,以及如何调控学习过程,但对如何最优地支持学习过程的具体做法着墨不多。整体结构大致如下:第二部分论述了人的认知架构,包括阐释什么是归纳和精细加工,什么是知识编辑和强化。归纳和精细加工是重构/建构认知图式的基本学习过程;知识编辑和强化是熟练认知图式的基本学习过程。这一部分还讨论了什么是“综合学习”,包括同时发生的四个基本学习过程,并简述了四元教学设计模式(Four-component Instructional Design, 简称 4C/ID)(Van Merriënboer, 1997; Van Merriënboer et al., 2002; Van Merriënboer et al., 1992; Van Merriënboer & Kirschner, 2013)。这一模式是支持综合学习以及合理利用媒体和技术的

[收稿日期] 2016-04-19

[修回日期] 2016-04-26

[DOI 编码] 10.13966/j.cnki.kfjyyj.2016.03.002

[基金项目] 中央高校基本科研业务费专项资助、浙江大学 2016 年重大基础理论专项课题“面向意义学习的现代教学设计模式研究”(16ZDJC004)。

[作者/译者简介] 杰伦·范梅里恩伯尔,教授,荷兰马斯特里赫特大学教育发展与研究系,国际著名教学设计专家,“综合学习设计”模式开创者;金琦钦,浙江大学教育学院课程与教学论专业硕士研究生;盛群力,浙江大学教育学院教授。

路径。第三部分讨论了自我调节学习。其基本假设是人可以使用认知线索监控自身学习并作出合理决策(如重新钻研材料、继续练习或中止练习)。这些线索对于四个基本学习过程而言各有差异,不同的学习过程需要不同的认知线索。可惜的是,学习者经常使用无效线索。自我调节学习还包括自导学习(SDL)。在自导学习中,合理决策指要关注如何选择新的学习任务和学习资源。第四部分提出了主要结论和未来的研究问题。

二、人的认知架构和学习过程

人的认知架构可分为工作记忆和长时记忆,这一点已被心理学广泛接受并得到了充分的实证支持。工作记忆在处理新信息时容量非常有限,长时记忆实际上是无限的。为了促使学习发生,在工作记忆中必须积极加工新信息,以便能在长时记忆中建构新知。这种加工在很大程度上受到一个事实的制约,即只有少数几个元素可以同时活跃在工作记忆中——工作记忆只能存储约7个独立元素(Miller, 1956),如果元素之间发生关联,那么大约只有2-4个元素能发生交互作用(Cowan, 2001)。

此外,一般认为,工作记忆可细分为部分独立的通道或过程。一个通道由语音环路组成,用以处理基于听觉工作记忆的言语材料;另一个通道由视觉空间画板组成,用以处理基于视觉工作记忆的图表或图像信息。同时使用视觉和听觉通道而非单独使用其中一个通道,可以增加有效工作记忆容量,促进学习(Mousavi et al., 1995)。

长时记忆可以通过减少甚至消除工作记忆的限制来改变工作记忆的特征。因此,人的专业知识属于这种性质,即长时记忆中丰富的知识可以随时调用,不需要再对长时记忆中各个元素进行推理(人的大脑根本不允许这种诸多元素的复杂加工)。正如上文所述,长时记忆中的知识通过形成认知图式,减少工作记忆的限制。学习过程一方面同图式的建构有关,包括形成新图式和修正旧图式,另一方面也同图式的熟练程度有关。

(一) 认知图式建构

图式建构指形成越来越多且越来越复杂的图式,将低水平的图式元素整合到高水平的图式中通常是有意识的且需要聚精会神的。正是通过图式将

知识组织和储存起来,那么即使是高度综合的图式,由于其在工作记忆中可以作为单一元素加以处理,就大大减少了工作记忆负荷(Sweller et al., 1998)。因此,对于某人是头绪纷繁的事,对于另一个具备了能将众多元素整合融通,且随时可以调用的认知图式、更有经验的人来说,也许是件能轻松处理的事。例如,要记住电话号码30031959可能有点麻烦,但如果有人正好把它看作是自己的生日(19590330),记忆起来就相当容易了,因为这个号码在长时记忆中是作为单一元素加以组织的,在工作记忆中也可以作为单一元素予以激活。同理,经验丰富的人理解新知毫不费力,缺乏经验的人则会困难重重。

图式建构还可以进一步区分为归纳学习(inductive learning)和精细加工(elaboration)两种。前者指从具体经验中进行抽象,实现认知图式建构;后者指通过将长时记忆中原有的知识和新知能进行联系,实现认知图式建构。

1. 归纳学习。人们常从“做中学”,即从具体经验中学习。这种来自具体经验的归纳学习可以导致认知图式的概括与区分(Holland et al., 1989)。我们不妨将归纳学习和演绎学习作对比。在演绎学习中,人会获得一般和抽象的信息,然后再把这些信息应用到具体案例中(Van Merriënboer, 1997)。当学习者从具体经验中进行概括或抽象时,他们所建构的图式排除了细节,使之可以应用于较宽泛的事件或者不特定的事件。例如,练习加法的孩子可能会发现,2+3和3+2都等于5。这个简单的图式可以归纳为“两数相加,数字顺序发生变化,得数不变”,即“交换律”。如果学习者在解决一类相关任务中屡屡受挫,就会建构更加具体的图式,然后在图式中增加特定条件并限定其使用范围。例如,如果孩子发现 $9-4=5$,但是 $4-9=-5$ (负5),就会归纳出更为具体的图式:“计算两数,且不是减法(附加条件),先后顺序变化,得数不变。”当图式概括过度,区分可以使之更加有效。通过概括和区分实现的归纳,是一种典型的策略型和控制型认知过程,这种过程需要学习者进行有意识的加工(见第三部分)。

2. 精细加工。新知能的精细加工指那些将新知能和记忆中已有的认知图式进行整合的认知活动(Willoughby et al., 1997)。当学习者精细加工新知能时,他们首先会在记忆中搜索一般认知图式,用以

理解新技能的一般特征,也会搜索具体的图式或案例,以提供有用的类比。这些图式和新技能建立起联系,从而使得从记忆中提取出来的原本脱离于新技能的图式,能够在两者间建立联系。例如,联系先前关于滑冰的知识(当收拢手臂/缩紧身体时,能旋转得更快),学习者可以更好地理解学习“恒星塌缩”(collapsing stars)运行状况这一新知识。因此,学习者是运用已知的相关信息帮助建构和理解新技能的。正如归纳一样,精细加工也是一种策略型和控制型认知过程,需要学习者有意识的加工。学习者之间的协作和小组讨论可以刺激精细加工。在协作环境中,学习者通常要向组内其他成员说清楚或阐明自己的观点,这有助于学习者加深对某个领域的理解(Van Boxtel et al. 2000)。在基于问题的学习小组中,小组讨论也有益于激活相关旧知,促进精细加工(Dochy et al., 2003)。

(二) 认知图式熟练

如果某一任务执行者反复并成功地应用特定的认知图式,就会产生图式熟练(Van Merriënboer, & Sweller, 2005)。和图式建构一样,图式熟练可以释放工作记忆容量用于其他活动,因为熟练图式不需要工作记忆的协同,完全可以直接操控常规的行为。例如,小学生掌握乘法运算图式,可以计算“ 3×12 ”的答案就是 $30 + 6$ 或者 36 。反复练习后,这一图式可以达到娴熟程度,这意味着当提示“ 3×12 ”时,孩子可以立刻给出“ 36 ”的答案而不需要有意识地去计算。图式熟练还可以区分为知识编辑(knowledge compilation)和强化(strengthening)两种方式。知识编辑指通过图式建构达成图式的初步熟练,形成“认知规则”[如果……(条件),那么……(行为)];强化指长期反复练习后形成更高水平的图式熟练度。

1. 知识编辑。知识编辑指学习者将新信息嵌入能够直接操控行为的认知图式中,也就是指在特定情境下唤起特定行为(Anderson, 1993)。新获得的图式或样例可以产生初步的解决方案。编辑是从解决方案中得出具体图式的过程。例如,拨打电话运用了以下图式:

如果,你的目标是给某人 X 打电话,

那么,你的工作记忆中移入 X 的电话号码,

然后实施拨号这一子目标。

如果你会定期给妈妈打电话,电话号码是 39475932,那么知识编辑会直接将这一信息嵌入图式中,形成以下规则:

如果,你的目标是给妈妈打电话,

那么,拨打 39475932。

图式中嵌入新信息的过程叫“程序化”(Anderson, 1987)。知识编辑的另一个过程是“合成”,即将一组内一致的规则整合为一条新规则。例如,拿起电话和拨号最终将整合为一个规则而不是两个规则,因为这两个规则是彼此连贯的。在知识得到编辑后,解决方案可以通过直接联结行为和具体图式的情境生成。其在工作记忆中产生的负荷很小,且能极大地改善绩效。

2. 强化。虽然知识编辑导致非常具体的图式或者认知规则,为技能的准确展示打下基础,但人们通常认为,熟练的图式还有强度问题,决定了图式应用于特定情境的机会及速度(Palmeri, 1999)。然而,新编辑规则的强度仍然是较弱的。反复练习,或者说长期的过度训练最终可以使学习者在极其高度熟练的水平上展示技能。例如,无论正在输入的文本类型如何,打字员的手指动作是由其思维直接驱动的;不管小号手吹奏什么音乐作品,其口型是由其对音乐的诠释驱动的。强化是个直截了当的学习机制,只是简单地假设在反复练习的过程中成功应用熟练的图式,其强度可以得到累加。

(三) 综合学习和迁移

很多学习理论只关注某种特定的学习类型,如发现式归纳学习、小组讨论式精细加工学习、灵活辅导式知识编辑或反复操练式强化等。虽然这些理论很管用,也很有针对性,但缺陷在于应用这些理论的结果通常是把技能、知识和态度割裂开来。例如,在很多课程中,用讲解来教“知识”,用技能实验室或者实习场来教“技能”,用角色扮演来教“态度”。这种做法导致了分割化,使学习者很难从不同学习领域将教学目标整合起来(Van Merriënboer & Kirschner, 2013)。学生通常抱怨,课程是一组不甚相关的主题和模块,彼此间缺乏明显的联系,与未来的职业生活也没有明确的相关性。

这样的抱怨引发我们对综合学习的最初兴趣。“综合学习”(complex learning)始于二十世纪九十

年代,指的是面向“整体目标”的学习形式(Gagné & Merrill,1990)。当教学不限于单节课或单个课程模块时,经常体现为综合性学习目标,如教授学习者在现实生活或专业岗位中所需的专业能力或综合能力。综合学习的特征是,整体化目标植根于不同的学习领域,包括陈述性知识或概念领域、程序性知识或技能领域(包括感知和心理动作技能),以及情感或态度领域。因此,综合学习指同时发生图式建构(归纳和精细加工)、图式熟练(知识编辑和强化)和态度形成。

显而易见,综合学习的结果旨在实现迁移,即培养将已学到的知能应用到陌生问题或新情境中的能力。其主要假设是,综合学习可以产生高度整体化的知识库,在相互联系的认知图式中得以组织,由此促进迁移(Van Merriënboer,1997)。在整体化知识库中,熟练图式有助于完成迁移任务中熟悉的方面。因此,所谓迁移无非就是,已经获得的熟练图式可以应用于完成迁移任务中的常规方面。这就是“相同(熟练)知识之相同应用”(same use of the same-automated-knowledge),意味着学习任务和迁移任务之间含有熟练的图式或“共同要素”(Thorndike & Woodworth,1901)。在整合化知识库中,概括或抽象的图式可以使学习者在一般意义上理解新情境,并根据这种一般性理解采取行动。这就是“相同(一般)知识之不同应用”(different use of the same-general-knowledge),意味着存在概括和抽象的图式,可以使任务执行者能够解释迁移任务中的陌生方面,找到一种解决方案(即寻找类比)(Gick & Holyoak,1983)。毋庸置疑,当熟练图式专注于迁移任务的常规方面时,完成任务会更加有效,以便能腾出更多的资源用以解释图式,帮助理解任务中陌生问题的解决因素(Van Merriënboer,2013)。

大部分教育理论认为,当面对丰富、有意义的任务,尤其是那些基于现实生活或职业生活的任务驱动学习时,学习者才会面对综合学习情境(Merrill,2013)。这样的任务被称为“学习任务”“问题”“事业”“场景”或“项目”。精心设计的学习任务明确指向整体化目标,促使学习者协调完成任务的不同方面并且整合知识、技能和态度。

下面将讨论面向综合学习的教学设计模式,说明在该模式中如何使用媒体和教育技术。

1. 四元教学设计。四元教学设计(Van Merriënboer,1997; Van Merriënboer et al.,2002; Van Merriënboer,1992; Van Merriënboer & Kirschner,2013)是面向综合学习的一种教学设计方式,旨在培育综合技能和专业能力。它的基本假设是,综合学习的教育方案通常包含四个元素,与四种基本的学习类型相对应,具体的元素分别为:1)学习任务,指向归纳学习;2)相关知能,指向精细加工;3)支持程序,指向知识编辑;4)专项操练,指向强化所选定的常规任务。学习任务是教育方案的基石,其他三个元素都和这一基石相关。表一将四元素和基本的学习类型联系起来,提供了和各个元素相关的关键教学原则。

表一 学习类型、相关的教学元素和关键教学原则

学习类型		教学元素	关键教学原则
图式建构	归纳学习	学习任务	练习的变式 从简单到复杂排序 搭建“脚手架”(逐渐撤除支持和指导)
	精细加工	相关知能	提供领域模型和系统化问题解决方法(SAPs) 自我解释提示 认知反馈
图式熟练	知识编辑	支持程序	“如何(做)”教学 提供即时支持程序 矫正性反馈
	强化	专项操练	反复练习 分布式和间隔式练习 准确性—速度—时间分配

学习任务指案例学习、项目学习、作业和问题等,既可以面向真实任务环境,也可以面向模拟任务环境。学习任务最好是基于现实生活任务的真实完整任务,能够将技能、知识和态度整合起来(Van Merriënboer & Kester,2008)。如在医学领域,学习任务可以是了解实际病患的病例,或者是诊断电子虚拟病人。在工程领域,学习任务可以由团队设计和制作某些人工制品的项目。整组的学习任务应表现出练习的高度变式,因为从多样变式的经验中学习可以促进归纳,即通过概括和区分来达成丰富的图式构建。学习任务应由简单到复杂的类别进行组织,且在同样类别的同等复杂程度的任务中,逐渐撤除对学习者的支持和指导(也叫“搭建脚手架”)。每个学习任务应在学习者的“最近发展区”之内(Vygotsky,1978),换言之,任务对于学习者而言必须有挑战性,但同时在学习者的支持下又能成功完成。

相关知能有助于学生学习完成任务的非常规方

面,通常与问题解决、推理和做决策等有关,解释了如何组织学习领域(即提供“领域模型”),以及如何解决该领域问题,或者根据专家意见应如何解决(即系统化问题解决方式)。例如,在医学领域,相关知能涉及人体知识和诊断的系统化方法(如患者访谈、身体检查、实验室查验等)。工程领域涉及材料知识、力学和电学定律,以及设计和开发人工制品的系统方法。自我解释的提示可以帮助学习者达到对信息的深度理解,认知反馈则可以帮助学习者批判性地对照自己和专家或同伴的领域模型。相关知能在学习者已有知识和学习任务中需要知道的知识之间搭建起了桥梁。从相关知能中学习的基本过程是精细加工,即通过联系新旧知能来学习。

支持程序能帮助学生完成学习任务的常规方面,这做起来总是套路相同的。它指明了如何完成任务的常规方面(“如何做”教学),且最好是即用即学,按需提供;矫正反馈可以立刻显示错误并提示如何继续。如在医学领域,正在指导学生如何实施体检(“你应该把听诊器放在正确的位置”,“不,你应该把仪器夹在拇指和食指之间”)的教师就提供了支持程序。在工程领域,它可能是快速参考指南,用来解释如何操作特定的工具或机器。当学习者获得了较多的专业知识而不再需要支持程序时,就应该快速予以撤除。在支持程序中,学习的基本过程是知识编辑,即将新知能转化为认知规则。

最后,专项操练指常规方面的额外操练,这对学习者高水平熟练完成任务必不可少。如在医学领域,关键的常规任务需要提供专项操练,诸如静脉注射或皮下注射、听诊或者心肺复苏技术等。在工程领域,如果需要灵活准确地处置毛细管板接头或运用特定工具,就要对如何熟练且正确操作工具等提供专项操练。专项操练尤其需要大量重复,且只有在常规方面已经引入完整的、有意义的学习任务之后,才能开始专项操练。它最好是间隔性或者分布性的(也就是说,四段一小时的练习比一段四小时的练习更有效),先要做到技能操作准确无误,之后才以高速度为目标,最后要实现技能的时间合理分配。从专项操练中学习的基本过程是强化,即通过反复练习使常规技能变得娴熟。

四元教学设计框架提供了合作学习和协同努力的机会,尤其关注图式建构过程。第一,学习任务是

基于现实生活或专业任务的,现实生活离不开协同努力和学会相处。例如,医学领域培训急救技能时,通常涉及团队培训,医生、护士和其他专业人员作为团队组织起来,学会处理紧急情况。在工程领域,典型的设计项目也包含多样、不同角色和责任的学生。第二,计算机支持的协作学习等可以促进相关知能的精细加工。组内的头脑风暴、讨论和辩论等都有利于精细加工新知能。例如,在医学领域,基于问题的学习小组内部的组员可以通过讨论病例分享其先行知识,增进理解。在工程领域,学生可以在微世界中运行实验,学习原理或定律,因为向同伴解释论证可以帮助他们精细加工新知能并提高理解力。毋庸置疑,合作学习和协同努力发生的社会情境至关重要。

2. 媒体和教育技术。不同媒体对不同的学习过程具有不同的促进效果(Van Merriënboer & Kester, 2005)。由于四个元素分别指向不同的学习过程,每个元素需使用特定的相关媒体(见表二)。

表二 教学元素和媒体

教学元素	学习技术	
	传统媒体	新媒体
学习任务	现实任务环境、角色扮演、项目小组、基于问题的学习小组	计算机模拟任务环境、严肃游戏、虚拟现实、增强现实、计算机化高仿真模拟器
相关知能	教科书、字典、讲座、直观教具	超媒体(因特网)、多媒体、微世界、社交媒体、计算机支持的协作学习
支持程序	教员、岗位辅助、学习辅助、快速参考指南、手册	移动技术(智能手机、平板电脑)、在线岗位辅助和帮助系统、向导和教育代理
专项操练	实习、纸笔练习、技能实验室、现实任务环境	上机操练软件、专项任务的练习器、掌握基本技能的游戏

学习任务帮助学习者在源于具体经验的归纳学习过程中建构认知图式,与之相配的媒体必须允许学习者能从事学习任务,并且通常将形成真实的或模拟的任务环境,包括严肃游戏、虚拟现实、增强现实和计算机化高仿真模拟器等。相关知能帮助学习者在精细加工过程中建构认知图式,它必须联系新旧知能。相配的媒体包括超媒体、多媒体和微世界(即概念领域模拟),也包括社交媒体和计算机支持协作学习环境,它们可以提供学习者协同建构知识的机会。支持程序帮助学习者通过知识编辑熟练认知图式。与之相配的媒体包括移动技术(智能手机、平板电脑),也包括在线岗位辅助和帮助系统、

向导和教育代理等。当学习者完成学习任务时,这些相关媒体易于即时提供如何做的指导。最后,专项任务操练帮助学习者通过强化过程,促使那些能驱动常规行为的认知图式变得更加熟练。相配的媒体包括传统上机操练软件、专项任务的练习器和用于掌握基本技能(如拼写、语法)的游戏。

四元教学设计模式展示了如何在综合学习过程中同时囊括四个基本的学习过程而最终实现学习的迁移。在这样的教育方案或环境中,我们通常会发现媒体和技术的组合多种多样,既有传统媒体,又有“新”媒体。但这并不是说,每个元素本身无足轻重。比如,当设计触摸打字课程时,只需要应用有关专项操练的教学原则;当设计心肺系统动画时,只需要应用涉及相关知能的教学原则。学习过程的调节也有所差异:在触摸打字课程中,学习者只要监察速度是否快,以及在落后时如何加紧练习;在心肺系统动画中,学习者要监察自己是否理解了系统的运行机制,如果尚未看懂,就要再次播放动画。

三、自我调节学习和自导学习

自我调节学习是一个主动、建构和元认知的过程(元认知是关于认知的认知,这里指关于学习的认知)(Flavell, 1979)。当代教育中,不仅之前讨论的掌握特定领域综合技能十分重要,掌握自我调节学习技能同样不可或缺。自我调节学习技能不仅对有效学习至关重要,也因为在迅速变化的社会中,学习者必须准备好能独立自主、持续不断地去获取新知能。然而,已有研究表明,学习者对如何学习和记忆经常抱有错误的认识,这导致自我调节方式受挫(Bjork et al., 2013)。因此,教学和学习不仅要聚焦特定领域的技能,同时也要将自我调节学习技能落到实处,两者缺一不可。

自我调节学习的两个重要、互补的子过程是监察和调控(Nelson & Narens, 1990; Zimmerman & Schunk, 2001)。监察通常指学习者关于自身学习的元认知思维。例如,正在阅读研究文本的学习者必须监察自身对文本的理解水平。调控指学习者如何回应环境,或者如何基于自身的元认知思维调适行为。例如,如果理解力监察得出的结论是尚未很好地理解文本,学习者可以决定是否需要再学一遍文本还是设法弥补漏洞。在不同或者相同的学习循环

中,监察和调控紧密联系,缺一不可。假设你坐在汽车副驾驶位置上,要求你监察后视镜里后方移动的车辆,这恐怕于事无补,因为它对安全行驶无甚助益。只有你坐在驾驶席上,也就是说,当你处于调控位置,并可以利用后方移动的车辆信息安全驾驶时,这样做才是事出有因。教育也是如此。当学习者能利用元认知思维调控或计划未来行动时,要求学习者去监察或反思自身的学业表现才有意义。

自我调节学习可以发生在不同层面。第一,在任务或主题层面,学习者监察自身是否能熟练掌握特定任务,这会影响他们持续练习的方式与时间长度。例如,监察自身对文本、动画或视频的理解会影响学习者参与学习的方式及时间长度。第二,在教学序列层面,学习者监察自身在完成一个或多个学习任务后的表现,将影响其选择下个适当的任务及学习资源。任务序列层面的自我调节学习和自导学习联系在一起。下面我们将简要讨论学习与教学中如何培养自我调节学习技能和自导学习技能。

(一)培养自我调节学习技能

元认知监控在新知能的获得、记忆和提取阶段发挥着重要作用(Nelson & Narens, 1990)。本文只聚焦于获得阶段。学生在这一阶段监察自身学习时,通常会基于认知线索。这种认知线索或多或少能预测未来的测验表现(Koriat, 1997)。一个无效的、对未来表现没有预测性线索的例子是学习后能马上回忆信息,因为此时回忆的信息仍然活跃在工作记忆中,而不是像测验时所要求的那样,能够便捷地将信息从长时记忆中提取出来。因此,一个更好的线索是,能否在学习几小时后轻松地回忆信息(“延时的学习成效判断”)(Dunlosky & Nelson, 1992)。不幸的是,人们倾向于使用无效的或表面的线索,这也可以解释为何学习者在预测自身未来表现时,通常都会过于自信。当学习者使用不太有效的线索且过于自信时,其调控决策会受到负面影响。比如,他们会采取表面而非深度的学习策略,他们会过早终止练习或学习,或者他们在练习、学习的过程中会忽略特定的要素。反过来,这些都会对学习结果产生负面效应(Dunlosky & Rawson, 2012)。

准确的监察必须基于有效的线索,但何为有效的线索则取决于学习的类型。学习者在完成学习任务并参与归纳学习过程中,应该监察自身的活动是否有

助于在长时记忆中建构更加概括/抽象的认知图式。如果没有达到这样的要求,那么也许可以采取一些调控方式来完成的任务,如咨询样例解决方案,或者将目前完成任务的方法和原有完成任务的方法进行比较,看看这些活动是否促进了图式建构。正如上文所述,一个共同的问题是学习者通常使用无效线索进行监察,例如仅仅监察当前学业表现的质量(流畅性、准确性和速度),而不监察所建构图式的质量,但这恰是成功学习的指标(Bjork et al., 2013)。然而,事实是,能顺利地完某一项任务,并不能预测未来在迁移任务中的表现;相反,只有尝试采用不同方法完成任务,虽然可能会对即时学业表现产生负面效应(如出错,花费更多时间等),才能对学习和迁移产生积极效应,这被称为“迁移悖论”(Van Merriënboer et al., 1997)。教学可以采用元认知提示方式,并安排学生参与认知活动,认知提示可以明确帮助学习者聚焦于有效线索(即改善监察);认知活动则可以促进图式建构(即改善调控)(见表三)。

表三 自我调节学习中用于监察和调控的元认知提示

教学元素	元认知提示	
	监察	调控
学习任务	你能用其他方式完成这项任务吗? 你能期望自己出色完成后续稍有不同的任务吗?	你能尝试用其他方式完成这项任务吗? 类比、样例和先前的任务解决方案能帮助你完成这项任务吗?
相关知能	你能对已学的知能自我解释吗? 你能回答基于已学知能要点的测试题吗?	你能对已学知能进行解释、总结和作出图示吗? 你需要重新学习哪一部分来增进理解?
支持程序	你能在没有即时指导的情况下完成这一专项任务吗? 你的学业表现还需要依赖矫正性反馈吗?	你可以在不咨询支持程序的情况下完成这项任务吗? 如果犯了错,你可以在不寻求帮助的情况下复原吗?
专项操练	完成这项任务耗费了你不少心思吗? 你能同时完成这项任务和其他任务吗?	你应该继续进行集中练习还是计划其他练习环节(即间时练习)? 你可以在速度更快、时间更短的情况下完成这项任务吗?

当学习者学习相关知能且参与精细加工的学习时,他们需要监察自身的领悟或理解水平,即能否依据已有知识解释新知能。如果精细加工做得不够理想,那么就需要采取再次研习部分已呈现的信息、用自己的话来解释信息、做小测验、生成关键词、做总结和用图示表征已学知识等调控措施,以促进图式建构。在学习相关知能的情境中,学习者通常使用

的有关领悟或理解的无效线索有:因为话题熟悉、写法简单、画面吸引人,所以回忆起来一点都不费劲。这种无效线索很容易导致“理解幻觉”(Paik & Schraw, 2013)。熟悉的文本、流畅的阅读和易懂的画面,都不能保证建构丰富的认知图式。因此,元认知提示应该帮助学习者将监察建立在更多有效线索上,比如帮助他们意识到自己能否对已学的知能作出自我解释或回答未来的测试题。同样,提示也要帮助学习者参与有益于图式建构的调控活动。

监察和调控对于支持程序和专项操练,也就是对于指向认知图式熟练的学习过程也是重要的自我调节过程。同样,教学应该先帮助学习者使用有效线索进行监察。当教师提供支持程序时,依章完成任务并不是可靠的线索;相反,学习者应扪心自问,能否在下次不求助支持程序的情况下完成相同的任务。同样,当学习者参与专项操练时,准确无误地完成项任务也不算是有效线索,因为这没有反映出学习者的熟练程度;相反,学习者应该使用速度、心理努力的投入度和时间分配能力等作为熟练程度的有效线索,因为完成一项熟练的任务,需要考察其速度、轻松应对程度和不由自主程度,以及是否能“一心多用”的程度(Van Merriënboer et al., 2003; Van Merriënboer & Sweller, 2010)。在实施调控时,元认知提示应该促使学习者意识到:不是反复练习本身,而是间隔练习、速度压力和时间分配等有助于促进图式熟练。

(二)培养自导学习技能

学习总是离不开自我调节,甚至学习者对教学序列没有调控权时也是如此。对于学习者来说,完成学习任务时不对自身学习方式进行监察并随之作出调整,或者学习相关知能时不监察自己的理解力并随之调整阅读和观察策略(如重新研习或跳过部分文本、聚焦于动画或视频的某些部分)是根本不可能的。然而,当学习者有教学序列调控权时,不管有无他人的建议,自我调节都涉及对教学活动和教学资源作出选择。这通常被称为自导学习:

“……是一个过程,期间不管有无他人的帮助,个体都能够积极主动地诊断自身学习需要、制定学习目标、识别学习资源、选择和实施适当的学习策略,以及评价学习结果”(Knowles, 1975)。

当学习者缺乏自导学习技能时,教师或设计者应设法不仅着眼于培训方案确定的目标,即教会特

定领域的技能或者专业能力,同时还要教会自导学习技能,帮助他们成为在未来职业生涯中有继续学习后劲的专业人员(Van Merriënboer et al., 2009)。不过,教授自导学习技能需要格外小心,因为如果教学调控权超过了学习者能力范围,反而会对特定领域的学习结果产生消极影响(Kostons et al., 2012)。

获得自导学习技能和发展特定领域技能一样要遵循有变式、逐渐增加综合度,尤其是在搭建“辅助脚手架”的过程中逐渐撤除支持或指导的原则(Van Merriënboer & Sluijsmans, 2009)。它被称为“辅助脚手架”,因为它不涉及特定领域的综合技能,而是涉及与综合技能重叠的自导学习技能。在基于四元教学设计模式开发的教育方案中,自导学习技能涉及选择学习任务,以及识别和咨询相关知能、支持程序和专项操练。表四提供了针对每个元素的提示实例,可以帮助学习者进行准确的监察和调控。

表四 自导学习中的学习资源和用于监控的元认知提示

教学元素	资源实例	用于监控的元认知提示
学习任务	学习任务集/数据库(问题、项目、场景等)	你的学习任务取得了进展吗? 需要改进的地方是什么? 哪项未来学习任务将帮助你得到提升并改善总体表现?
相关知能	学习书籍、专家、因特网、多媒体、视频、动画、微世界	你对这个主题的理解加深了吗? 哪些其他信息或资源可以帮助你加深理解? 为了执行将来的任务,你应该(重新)学习吗?
支持程序	手册、快速参考指南、在线帮助、移动技术	在完成任务的常规方面,你的准确度增加了吗? 你出错了吗? 哪些“如何做”的指导可以帮助你提高准确度并减少出错?
专项操练	训练题、练习题、专项任务练习器	你的速度提升了吗? 你的心理努力降低了吗? 你能更好地结合其他任务完成这项任务吗? 你应该在更具挑战性的速度压力和时间分配下继续练习吗?

对于学习任务而言,“发展档案袋”可以帮助学习者监察自身的进步程度。档案袋可以追踪已经完成的任务,收集对所完成任务的评价结果,以及对需要改进的地方或者学习需要提供概览(Kicken et al., 2009)。此外,学习任务集或数据库将允许学习者调控自身正在进行的任务。每项学习任务的元数据可用来帮助学习者作出合适的选择,比如改善所需的标准、学习任务的复杂度水平,以及可调用的支持和指导。

掌握选择学习任务的自导学习技能是个渐变的过程,即从教师或设计者决定学习任务转向按需施教的形式,即让学习者决定后续学习任务。随着自导学习技能的不断发展,在搭建了辅助脚手架的情况下,学习者可以更多地调控任务的选择。这要求一种“共享”调控的形式,即教师或其他智能代理要从扶到放,逐渐减少对学习者在进步评价、学习需要识别和学习任务选择上的支持或指导(Corbalan et al., 2008)。作为辅助脚手架的一个实例,在线学习应用首先要向学习者呈现可完成的适当的学习任务;接着要呈现更多适当的、预选的学习任务,让学习者从中进行最后选择;最终再让学习者独立自主地选择学习任务。另一个例子是,教师一开始需要组织频繁的辅导会议,和学习者讨论已有的进展并对未来学习任务的选择提出建议,接着逐渐减少这种会议的次数,最后让学习者自己觉得有必要时再组织辅导会议。在辅导会议中,电子发展档案袋非常有用,学习者和教师可以运用档案信息反思进展和需要改善的地方,规划未来的学习。

就相关知能而言,培养自导学习技能通常也包括一个渐变的过程,即从为学习者规定学习书籍、多媒体、超媒体、讲座和其他资源,保证学习者在需要时可以利用相关知能的情境,向学习者独立检索和选择学习资源的情境转变。这些自导学习技能也被称为信息素养能力或信息化问题解决能力(Brand-Gruwel et al., 2005)。这些技能的辅助脚手架可以通过三个阶段搭建。第一阶段,学习者得到一个有限的列表,上面是完成学习任务必须要咨询的相关资源。第二阶段,学习者得到相关资源的列表清单,如和某门特定课程学习任务相关的全部资源。这样,学习者实际上必须选择和手头任务相关的资源。最后阶段,不向学习者提供资源列表,要求他们必须在图书馆或网上独立检索资源。辅助脚手架的另一个例子和教师或导师有关。在学习早期阶段,导师应就检索相关资源的方式和地点给出明确建议。之后,导师只需要询问学习者计划检索相关资源的方式,并对他们计划的检索策略给出认知反馈。最后,导师不再提供相关指导。

掌握与支持程序和专项操练相关的自导学习技能,也是采用类似做法。对于支持程序,第一阶段的“如何(做)”的指导可以和第一个相关任务一起明

确呈现给学习者,如教师采用“俯身指点”做法。第二阶段,学习者可以在智能手机或者快速参考指南中咨询“如何(做)”的指导,但教师要密切加以观察,必要时提供支持程序,帮助学习者找到相关的“如何(做)”的指导。第三阶段,学习者仍然可以通过查询的方式解除疑问,但教师不再提供指导了。同样,对于专项操练,教师在第一阶段可以先提供指导,解释最重要的原则。第二阶段,教师可以扼要提供学习者进行专项操练的概览,包括可用的工作坊、技能实验室练习和操练编程。尽管教师会给学习者建议并对他们的选择作出反馈,但学习者可以自己决定是否进行专项操练。第三阶段,教师确保专项操练安排妥当,学习者自己决定是否以及在什么时候使用。

四、讨论

学习是人类生活所固有的,人用各种不同的方式学习。不同类型的学习最终都帮助学习者在长时记忆中建构认知图式。这种认知图式能够使人在新的情境中解决问题、进行推理和作出决策。一方面,高度综合的图式可以作为工作记忆的一个元素被激活,以帮助学习者在一般或抽象意义上解释任务中不熟悉的方面;另一方面,图式可以通过反复练习达到熟练,以帮助学习者准确无误、快速便捷、毫不费力地完成熟悉的方面,释放额外的工作记忆资源完成陌生的方面。

许多学习理论只聚焦于学习的某一类型,如概念领域的陈述性学习或技能领域的程序性学习。相反,综合学习揭示了学习过程各要素彼此交互的性质,帮助人完成现实生活或专业中的任务。四个基本学习过程本身是有差异的。对于图式建构,学习者在归纳学习过程中,从具体经验入手学习,通过归纳学习建立概括化或抽象的图式。学习者还在精细加工的过程中,从所呈现的新知能中学习,通过精细加工建立新知能与记忆中原有知能的联系。对于图式熟练,学习者在知识编辑的过程中,从“如何(做)”的指导中学习,通过知识编辑建立起特定情境和特定行为的联系。学习者还在强化的过程中,从反复练习中学习,通过强化达到完成熟悉任务的充分熟练度。四元教学设计模式提出了一种教学方法,支撑综合学习过程的学习环境。它的四个元素

和四个学习过程直接相关:学习任务与归纳学习相关,相关知能和精细加工相关,支持程序和知识编辑相关,专项任务操练和强化相关。

调节过程制约着学习。监察指学习者关于自身认知的看法。基于这些元认知思维,学习者对环境作出反应或调适自身行为,这就是调控。准确的监察必须基于有效的认知线索,但什么是有效的线索取决于学习的类型。在任务或主题层面,对于归纳学习而言,比起完成当前任务的流畅性,预测性完成迁移任务的能力是更为有效的线索;对于精细加工学习而言,比起对信息作出即时回忆,自我解释已学信息的能力是更为有效的线索;对于知识编辑而言,比起能在提供支持程序的情况下完成任务,预测其未来独立完成的能力是更为有效的线索;对于强化而言,比起准确无误地完成,速度、心理努力消耗程度和时间分配能力是更为有效的线索。在和自导学习直接关联的教学序列层面,学习者也需要学会鉴别有效的线索,有效的线索可以告知他们哪些新的学习任务和其他资源(相关知能、支持程序和专项操练)将帮助自己实现学习目标。

本文所持的认知取向可能有一定局限。不过,这不应解释为是对那些强调社会学习重要性的研究范式,如社会文化理论和社会建构主义的轻视(Van Merriënboer & De Bruin, 2014)。正如上文所示,基于现实生活或专业的学习任务,通常会涉及团队工作和项目活动,在现代社会,多学科团队工作的重要性越来越明显,这一点应该在教育方案中有所体现。第二,对于提供相关知能来说,合作的方式尤其重要,因为小组讨论和论证可以帮助学习者激活原有知识,从而增强新知能和长时记忆中可用知识之间的联系。第三,通过观察他人的学习可以作为相关知能/精细加工和学习任务/归纳学习之间的联结点。“示范样例”(Van Gog & Rummel, 2010)可以作为提供相关知能的一种方式,用来阐释专家或其他完成任务者系统化处理任务的方式,但它们本身也可以作为具有最大支持程度的学习任务——不仅呈现问题,还呈现专家为了达成一个可接受的解决方案所经历的问题解决过程。在动作学习领域,观察一个正在完成任务的专家,可以真实地在大脑中激活相同的神经元,就好像你自己在完成任务一样(即镜像神经元系统)(De Jong et al., 2009; Van Gog

et al., 2009)。

在社会文化理论和社会建构主义中受欢迎的教学方法和途径主要与图式建构过程有关,有时被贴上授受主义或客观主义(Jonassen, 1991)标签的方法则更多地与图式熟练过程相关。此外,在各种各样的方法,如资源型学习、成人学习、基于能力的学习等方法中,自我调节过程都发挥着关键作用。再者,在协同努力和合作学习环境中,自导学习不仅涉及监察和调控自己的学习过程,也涉及监察和调控小组的学习过程。本文无意讨论如何最优促进学习的众多不同视角,反之,选择在承认学习方式无穷无尽的基础上,聚焦于学习过程本身,以此帮助人们学习以及调控自身学习。

总之,万事皆学问。不过,当聚焦综合学习并重视自我调节学习和自导学习时,帮助人学习的努力将会更加成功,综合学习能让人完成有意义的现实生活或职业中的任务,自我调节学习和自导学习能让人基于有效的线索调控自己的学习。此外,学习技术领域的一个启示是,不应该主要研究孤立的技术对特定学习过程的影响,当务之急是研究学习技术如何能充分整合到教育方案和学习环境中,这样,学习技术才能最优促进综合学习和自我调节学习的过程。

[致谢]本文经作者授权翻译,原文参见:Van Merriënboer, J. J. G. (2016). How People Learn (ta). CA. In Nick Rushby, Daniel W. Surry (Eds.). *The Wiley Handbook of Learning Technology*, pp. 15-34. New York: John Wiley & Sons, Inc.。

[参考文献]

- [1] Anderson, J. R. (1987). Skill acquisition: Compilation of weak-method problem solutions[J]. *Psychological Review* 94(2): 192-210.
- [2] Anderson, J. R. (1993). *Rules of the mind*[M]. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- [3] Bjork, R. A., Dunlosky, J. & Kornell, N. (2013). Self-regulated learning: Beliefs, techniques, and illusions[J]. *Annual Review of Psychology*, 64(1): 417-444.
- [4] Bloom, B. (1956). *Taxonomy of educational objectives; Handbook I: The cognitive domain*[M]. New York: David McKay.
- [5] Brand-Gruwel, S., Wopereis, I. & Vermeten, Y. (2005). Information problem solving by experts and novices: Analysis of a complex cognitive skill[J]. *Computers in Human Behavior*, 21(3): 487-508.
- [6] Corbalan, G., Kester, L. & Van Merriënboer, J. J. G. (2008). "Selecting learning tasks: Effects of adaptation and shared control on efficiency and task involvement[J]." *Contemporary Educational Psychology*, 33(4): 733-756.
- [7] Cowan, N. (2001). The magical number 4 in short-term memory: A reconsideration of mental storage capacity[J]. *Behavioral and Brain Sciences*, 24(1): 87-185.
- [8] De Jong, Ton., Van Gog, T., Jenks, K., Manlove, S. Van Hell, J. Jolles, J., Van Merriënboer, J. J. G., Van Leeuwen, T., & Boschloo, N. (2009). *Explorations in learning and the brain: On the potential of cognitive neuroscience for educational science*[M]. New York: Springer.
- [9] Dochy, F., Segers, M., Van den Bossche, P. & Gijbels, D. (2003). Effects of problem-based learning: A meta-analysis[J]. *Learning and Instruction*, 13(5): 533-568.
- [10] Dunlosky, J., Nelson, T. O. (1992). Importance of the kind of cue for judgments of learning (JOL) and the delayed JOL effect[J]. *Memory and Cognition*, 20(4): 374-380.
- [11] Dunlosky, J., & Rawson, K. A. (2012). Overconfidence produces underachievement: Inaccurate self-evaluations undermine students' learning and retention[J]. *Learning and Instruction*, 22(4): 271-280.
- [12] Flavell, J. H. (1979). Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive-developmental inquiry[J]. *American Psychologist*, 34(10): 906-911.
- [13] Gagné, R. M., & Merrill, M. D. (1990). Integrative goals for instructional design[J]. *Educational Technology Research and Development*, 38(1): 23-30.
- [14] Gick, M. L., & Holyoak, K. J. (1983). Schema induction and analogical transfer[J]. *Cognitive Psychology*, 15(1): 1-38.
- [15] Holland, J. H., Holyoak, K. J., Nisbett, R. E. & Thagard, P. R. (1989). *Induction: Processes of inference, learning, and discovery*[M]. Cambridge, MA: MIT Press.
- [16] Jonassen, D. H. (1991). Objectivism versus constructivism: Do we need a new philosophical paradigm[J]. *Educational Technology Research and Development*, 39(3): 5-14.
- [17] Kicken, W., Brand-Gruwel, S. Van Merriënboer, J. J. G., & Slot, W. (2009). Design and evaluation of a development portfolio: How to improve students' self-directed learning skills[J]. *Instructional Science*, 37(5): 453-473.
- [18] Knowles, M. S. (1975). *Self-directed learning: A guide for learners and teachers*[M]. Chicago: Association Press.
- [19] Koriati, A. (1997). Monitoring one's own knowledge during study: A cue-utilization approach to judgments of learning[J]. *Journal of Experimental Psychology. General*, 126(4): 349-370.
- [20] Kostons, D., Van Gog, T., & Paas, F. (2012). Training self-assessment and task-selection skills: A cognitive approach to improving self-regulated learning[J]. *Learning and Instruction*, 22(2): 121-132.
- [21] Merrill, M. D. (2013). *First principles of instruction*[M]. San Francisco, CA: Pfeiffer.
- [22] Miller, G. A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information[J]. *Psy-*

chological Review, 63(2): 81-97.

[23] Mousavi, S. Y., Low, R. & Sweller, J. (1995). Reducing cognitive load by mixing auditory and visual presentation modes [J]. *Journal of Educational Psychology*, 87(2): 319-334.

[24] Nelson, T. O., Narens, L. (1990). Metamemory: A theoretical framework and new findings [A]. In *The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory* [C]. edited by G. Bower. New York: Academic Press: 125-173.

[25] Paik, E. S., Schraw, G. (2013). Learning with animation and illusions of understanding [J]. *Journal of Educational Psychology*, 105(2): 278-289.

[26] Palmeri, T. J. (1999). Theories of automaticity and the power law of practice. *Journal of Experimental Psychology* [J]. *Learning, Memory, and Cognition*, 25(2): 543-551.

[27] Jean, P. (1953). *The origin of intelligence in the child* [M]. New York: Routledge and Kegan Paul.

[28] Sweller, J., Van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. (1998). Cognitive architecture and instructional design [J]. *Educational Psychology Review*, 10(3): 251-296.

[29] Thorndike, E. L., & Woodworth, R. S. (1901). The influence of improvement in one mental function upon the efficiency of other functions; II. The estimation of magnitudes [J]. *Psychological Review* 8(4): 384-395.

[30] Van Boxtel, C., Van der Linden, J., & Kanselaar, G. (2000). Collaborative learning tasks and the elaboration of conceptual knowledge [J]. *Learning and Instruction*, 10(4): 311-330.

[31] Van Gog, T., Paas, F., Marcus, N., Ayres, P., & Sweller, J. (2009). The mirror neuron system and observational learning: Implications for the effectiveness of dynamic visualizations [J]. *Educational Psychology Review*, 21(1): 21-30.

[31] Van Gog, T., & Rummel, N. (2010). Example-based learning: Integrating cognitive and social-cognitive research perspectives [J]. *Educational Psychology Review*, 22(2): 155-174.

[32] Van Merriënboer, J. J. G. (1997). *Training complex cognitive skills* [M]. Englewood Cliffs, NJ: Educational Technology Publications.

[33] Van Merriënboer, J. J. G. (2013). Perspectives on problem solving and instruction [J]. *Computers and Education*, 64: 153-160.

[34] Van Merriënboer, J. J. G., Clark, R. E., & De Croock, M. B. M. (2002). Blueprints for complex learning: The 4C/ID-model [J]. *Educational Technology Research and Development*, 50(2): 39-64.

[35] Van Merriënboer, J. J. G., & De Bruin, A. B. H. (2014). Research paradigms and perspectives on learning [A]. *Handbook of research on educational communications and technology* [C]. 4th ed., edited by Spector J. M., Merrill M. D., Elen J., & Bishop M. J.: pp. 21-29. New York: Springer.

[36] Van Merriënboer, J. J. G., De Croock, M. B. M., & Jelsma, O. (1997). The transfer paradox: Effects of contextual interference on retention and transfer performance of a complex cognitive skill [J]. *Percep-*

tual and motor skills, 84(3): 784-786.

[37] Van Merriënboer, J. J. G., & Jelsma, O., & Paas, F. (1992). Training for reflective expertise: A four-component instructional design model for complex cognitive skills [J]. *Educational Technology Research and Development*, 40(2): 23-43.

[38] Van Merriënboer, J. J. G., & Kester, L. (2005). The four-component instructional design model: Multimedia principles in environments for complex learning [A]. In *The Cambridge handbook of multimedia learning* [M], edited by R. E. Mayer. New York: Cambridge University Press: 71-93.

[39] Van Merriënboer, J. J. G., & Kester, L. (2008). Whole-task models in education [A]. In *Handbook of research on educational communications and technology* [C]. 3rd ed., edited by J. M. Spector, M. D. Merrill, J. J. G. Van Merriënboer, and M. P. Driscoll. Mahwah, NJ: Erlbaum/Routledge: 441-456.

[40] Van Merriënboer, J. J. G., & Kirschner, P. A. (2013). *Ten steps to complex learning* [M]. 2nd Rev. Ed. New York: Routledge.

[41] Van Merriënboer, J. J. G., Kirschner, P. A., & Kester, L. (2003). Taking the load of a learner's mind: Instructional design for complex learning [J]. *Educational Psychologist*, 38(1): 5-13.

[42] Van Merriënboer, J. J. G., Kirschner, P. A., Paas, F., Sloep, P. B., & Caniels, M. C. J. (2009). Towards an integrated approach for research on lifelong learning [J]. *Educational Technology Magazine*, 49(3): 3-14.

[43] Van Merriënboer, J. J. G., & Sluijsmans, D. A. (2009). Toward a synthesis of cognitive load theory, four-component instructional design, and self-directed learning [J]. *Educational Psychology Review*, 21(1): 55-66.

[44] Van Merriënboer, J. J. G., & Sweller, J. (2005). Cognitive load theory and complex learning: Recent developments and future directions [J]. *Educational Psychology Review*, 17(2): 147-177.

[45] Van Merriënboer, J. J. G., & Sweller, J. (2010). Cognitive load theory in health professional education: Design principles and strategies [J]. *Medical Education*, 44: 85-93.

[46] Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes* [M]. Cambridge, MA: Harvard University Press.

[47] Willoughby, T., Wood, E., Desmarais, S., Sims, S., & Kalra, M. (1997). Mechanisms that facilitate the effectiveness of elaboration strategies [J]. *Journal of Educational Psychology*, 89(4): 682-685.

[48] Zimmerman, B. J. (1998). *Self-regulated learning: From teaching to self-reflective practice* [M]. New York: The Guilford Press.

[49] Zimmerman, B. J., & Schunk, D. H. (2001). *Self-regulated learning and academic achievement* [M]. Mahwah, NJ: Erlbaum.

(编辑:李学书)

(下转第 43 页)