

# 为什么“少教不教”不管用

## ——建构教学、发现教学、问题教学、体验教学与探究教学失败析因<sup>①</sup>

保罗·基尔希纳<sup>1</sup> 约翰·斯维勒<sup>2</sup> 理查德·克拉克<sup>3</sup>

(1. 荷兰开放大学 教育技术专长中心, 荷兰; 2. 新南威尔士大学 教育学院, 澳大利亚;  
3. 南加州大学 教育学院, 美国)

□钟丽佳 盛群力 译

**[摘要]** 人的认知架构特点、专家和新手的区别以及认知负荷理论都充分证实了“指导性教学”的优越性。虽然眼下信奉“少教不教法”非常盛行,乍一看还挺诱人,但它忽略了人的认知架构特点和近半个世纪以来持续的实证研究结论。研究表明,重视对学习过程提供指导比一味主张少教不教效果更好、效率更高。只有当学生具备了充分的原有经验可以进行“自我指导”时,教师指导的优势才会逐渐减弱。本文简要讨论了教学理论和设计新近研究中支持开展教学指导的各种主张。

**[关键词]** 少教不教;建构主义;指导性教学;显性教学;认知架构;认知负荷

**[中图分类号]** G42 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1007-2179(2015)02-0016-14

### 寄语中国读者

学生在校学习时间有限,但需要学习的内容却很广、承受的风险也高。没有哪个国家能容忍低效的教学方法。发现学习及诸如此类的教学法,尽管夺人眼球顺应潮流,但已经一再被证实低效无果。

约翰·哈蒂(John Hattie)对各种教学方式的元分析研究再次进行了颇有影响的元分析。哪些方式举足轻重,哪些方式无关紧要,哈蒂为此搜集了大量刊文(有关儿童最佳学习方式的816项元分析研究,涉及原先62169项研究和8300多万儿童)来证实“显性教学”<sup>②</sup>的学习成效远远优于“问题教学”。各种不同的有效显性教学方式(如指导性教学、对学生的表现给予积极反馈、经常对学生学业表现进行检测等)对学生学习和测验成绩会产生较大影响,而建构主义教学方式(如问题学习、探究学习、

模拟和游戏等)产生的影响则微乎其微。

换言之,已有大量证据表明教师、学校、行政管理人员、政府教育管理部门应在课堂中尽可能“回避”(shun)探究性教学。新的证据仍在不断产生。我们也看到,那些探究教学、问题教学、发现教学和模拟教学的元老级拥护者也开始转变观念,逐渐信服增强指导力度的重要性,因而使得发现教学变为高指导性发现学习。所以,显性教学会很快得到普及。

当我们在撰写“为什么少教不教不管用——建构教学、发现教学、问题教学、体验教学与探究教学失败析因”这篇论文时,建构主义学习理论被各种教学理论奉为主流范式,被视为天经地义的金科玉律,顶着真理的光环。然而,这一理论事实上不合情理,与人类认知背道而驰,缺乏实证支持,不可能产生多大的影响。

**[收稿日期]** 2015-01-08

**[修回日期]** 2015-02-28

**[DOI编码]** 10.13966/j.cnki.kfjyyj.2015.02.002

**[基金项目]** 教育部2013年国家级精品资源共享课“教学理论与设计”建设项目。

**[作者简介]** 保罗·基尔希纳,荷兰开放大学教育技术专长中心教授,综合学习设计理论著名专家;约翰·斯维勒,澳大利亚新南威尔士大学教育学院教授,认知负荷理论主要创立者;理查德·克拉克,美国南加州大学教育学院教授,认知分析研究著名专家;钟丽佳,浙江大学教育学院课程与教学论专业博士生;盛群力,浙江大学教育学院课程与教学研究所教授(qlsheng57@126.com)。

毫无疑问,对建构主义的合理性提出质疑必然会掀起轩然大波,而且反对之声汹涌。我们不敢肯定本文能否动摇大多数人早已默认的固守理念,但不管怎样,哪怕仅仅是向那些建构主义信奉者证实这一理论存在的一些不足,也是不可或缺的。

我们非常惊讶,建构主义作为一种理论竟然在如此短暂的时间内分崩瓦解。虽然大学本科教材依然频现这一理论,但是很少有研究者将其作为论文的理论支撑。阅读当代文献,我们很快会发现,建构主义的拥护者已经寥寥无几。尽管我们不能要求人们将这喜人的状况都归功于此,但是我们确信本文显然发挥了作用。在过去的近十年中,这无疑是一篇被引用频次最高的论文。

自本文发表后,近年来的研究又有什么新动向呢?各个领域尤其是人类认知架构的理解有了长足的进步。例如,当本文完成时,我们刚刚意识到“进化式教育心理学”(evolutionary educational psychology)的重要性。事实上,本文初稿涉及了这方面的研究,但是那个时候,我们尚未确定“进化式教育心理学”的可行性,为了慎重起见,当时没有提及这一方面的主张。其实,说句事后诸葛亮的话,我们本应该将其保留。进化式教育心理学目前已经是各种教学理论运用的认知架构核心,例如本文所依托的认知负荷理论便是如此。我们认为后续的实证结果和与之相关的教学建议,将不会与建构主义框架再有多少联系。

本文的三位作者来自世界三个不同的地区——澳洲、欧洲和北美。我们都曾到中国各地游历并与中国同行保持联络。当我们开始讨论这篇论文的必要性时,深深感到这种失败的发现学习法已经在各国广泛使用并在很多领域占据主导。我们非常清楚来自不同文化环境的学习者有着不同的学习方式。我们致力于为多种文化和不同国家的教育研究提供一种相对平衡的视角。

我们从这篇论文所涉及的各项研究中得知,在精心设计的研究中没有证据表明建构主义教学在任何国家或地区获得过成功。研究业已提供确凿的证据证实充分的指导性教学(fully guided instruction)总能产生较好的学习结果。

心理学家从研究中得知每个人拥有相同的大脑和认知架构,因此有理由期盼所有人都能从相同的

教学方式中获益。我们也知道不同的国家和文化有不同的价值观、信念、期望和目标。这些差异影响了参与学习的动机,但没有影响那些能够促进学习的教学方式。因此,文化差异、个体差异以及群体差异极有可能影响人们初始学习或者继续学习的条件,文化也会影响我们在学习投入的心理努力。尽管某些文化价值观能够更有效地激发学生的学习动机,但是最有力的证据已经证实充分的指导性教学方式在所有国家和文化中都彰显裨益。

保罗·基尔希纳;约翰·斯维勒;理查德·克拉克

2014. 9. 22

## 一、引言

近半个世纪以来,有关教学过程中指导的影响一直是业界争论不休的话题(Ausubel, 1964; Craig, 1956; Mayer, 2004; Shulman & Keisler, 1966)。支持的一方主张人们在少教不教的情境中学习效果最好,学习者必须自己探索和建构关键信息而不是一味地接受教师的呈现(Bruner, 1961; Papert, 1980; Steffe & Gale, 1995)。反对的一方主张对于新手学习者,学习特定学科必需的概念和程序应提供直接指导,不应放任其摸索这些基本程序(Cronbach & Snow, 1977; Klahr & Nigam, 2004; Mayer, 2004; Shulman & Keisler, 1966; Sweller, 2003)。“指导性教学”意指充分地解释学生待学的概念和程序,同时提供和人的认知架构相一致的学习策略支持。学习在此被界定为长时记忆中发生的变化。

“少教不教”教学方式至今被冠以多种头衔,包括发现学习(Anthony, 1973; Bruner, 1961)、基于问题学习(Barrows & Tamblyn, 1980; Schmidt, 1983)、探究性学习(Papert, 1980; Rutherford, 1964)、体验性学习(Boud et al., 1985; Kolb & Fry, 1975)和建构主义学习(Jonassen, 1991; Steffe & Gale, 1995)。在各种殊途同归的应用实例中,无一例外地将学生置于探究性学习情境中,要求学生通过模仿专业研究者的研究活动自主探索那些公认的基本科学原理(Van Joolingen, de Jong, Lazonder, Savelsbergh, & Manlove, 2005)。同理,医学专业的学生在基于问题的课程中学习运用问题解决策略,为普通患者找出医疗解决方案(Schmidt, 1998, 2000)。

这种“少教不教”教学模式似乎蕴含着两个基

本假设。第一个假设要求学习者提出自己的解决方案,以此带来有效的学习体验。这种假设敦促学生在信息丰富的环境中解决“真实”的问题或者获取复杂的知识技能。第二个假设主张通过本学科特定程序而创建学习体验(即将要学习体验的教学内容同待学科目的方法、过程或认识论视为同等重要,(Kirschner, 1992),从中获取知识的效果最佳。“少教不教”指的是“因需而给”,向学习者提供与过程相关或与任务相关的信息。这一主张认为教学提供帮扶或嵌入学习策略会干扰自然的学习过程,尤其是当学习者能够利用独特的先知和学习风格在新情境中自主建构知识以达成学习目标时。正如威肯斯(Wickens, 1992, 引自 Bernstein, Penner, Clarke-Stewart, Roy, & Wickens, 2003)所指出的:

在操练中大量提供指导能够带来良好的业绩表现,但是过度指导会阻碍后续的业绩表现。例如,数学课上向学生提供正确答案加以辅导,会削弱学生从自身记忆中检索正确答案的能力。(p. 221)

建构主义这场争论已成为我们进一步深入研究的热点议题。

本文旨在说明基于对人的认知架构的现有认识,“少教不教”教学方式并不管用。过去近半个世纪以来有关这个议题大量的实证研究证据表明:对学习采取“少教不教”的做法比对必要的认知加工过程给予特定的指导效果更差,效率更低。

## 二、人的认知架构对“少教不教”之影响

凡忽视人的认知架构的教学程序往往行之无效。“少教不教”教学似乎全然忽略了工作记忆和长时记忆的特征,也忘却了两者间千丝万缕的联系。其结果是,“少教不教”教学所主张的建议让大部分教师感到难以落实——很多有经验的教师也不乐意实施,因为这种教学方式要求学习者参与的认知活动难以达到有效学习的目标。结果,最有成效的教师也会完全忽略前述建议,或者至多也就是把它挂在口头上(如 Aulls, 2002)。本节将讨论人的认知架构的相关特征以及相应的教学启示。

### (一)人的认知架构

人的认知架构关注的是认知结构的组织方式。这方面大多数当代研究都以阿特金森和谢夫林(Atkinson & Shiffrin, 1968)的感觉记忆——工作记

忆——长时记忆模型为基础。感觉记忆,因与本文主题较远,暂不作探讨。工作记忆和长时记忆的关系及其促进学习的认知过程,是本节讨论的关键。

最近几十年来,有关长时记忆在人类认知中扮演的角色,我们的认识已经发生了翻天覆地的变化。长时记忆再也不是被动地存储离散、相互孤立的信息碎片——只是用来不断地重复所学的知识。长时记忆也不仅仅是人的认知架构的一个成分而已,对诸如思考和解决问题之类的复杂认知过程,也不再是可有可无。取而代之的是,人们将长时记忆视为人的认知架构中举足轻重的核心结构。我们所见、所闻、所思绝大多数取决于长时记忆,并深受其影响。

对长时记忆的作用进行概念重构方面,德格洛特(De Groot, 1945/1965)对国际象棋专家所做的研究以及蔡斯和西蒙(Chase & Simon, 1973)的后续跟进研究产生了相当大的影响。研究表明,国际象棋专家型棋手比新手更容易再现真实比赛中的棋盘布局,但对再现随机的棋盘布局,两类棋手的表现相差无几。这一研究成果也可以应用于其他领域(如 Egan & Schwartz, 1979; Jeffries, Turner, Polson, & Atwood, 1981; Sweller & Cooper, 1985)。研究结果表明,专家型学习者利用他们存储在长时记忆中的丰富经验获取技能并快速选择和应用最佳程序解决问题。事实上,我们可以利用新手和专家之间的学习差异充分解释问题解决技能,这也意味着关注长时记忆在认知研究中的重要性。我们之所以擅长某一方面的学习,乃是因为我们的长时记忆中包含了大量的相关信息。这些信息有助于我们快速地辨识情境特征,并在不知不觉中暗示自己要做什么以及何时去做。如果长时记忆中没有存储足够的信息,那么我们将一事无成,不管是简单的安全穿行马路(长时记忆中的信息告知我们如何躲避飞驰的车辆,这是非人类动物在长时记忆中难以存储的技能),还是完成像下象棋或者解决数学问题等复杂任务。因此,长时记忆中包含一个巨大的知识库,是所有基本认知活动的核心所在。

长时记忆的特质给我们带来什么样的教学启示呢?首先也是最基本的,长时记忆的架构为我们提供了教学的终极理由。所有教学的目的都是为了改变长时记忆。如果长时记忆没有发生改变,那么也



就什么东西也没有学到。任何教学建议都应该明确指出长时记忆所发生的变化,同时也需要确保长时记忆中存储或者提取相关信息的效能,否则难以收到教学实效。

## (二)工作记忆的特征和功能

工作记忆是指能够进行有意识信息加工的认知结构。我们能注意到工作记忆中正在加工的信息,却常常忽略长时记忆中存储的大量信息。

工作记忆有两个众所周知的特征:在加工新异信息时,存储时长和容量都有限。自皮特森(Peterson & Peterson, 1959)的研究问世,我们就已了解:工作记忆存储的信息如果30秒内没有复诵就会丧失。米勒(Miller, 1956)的研究也揭示,工作记忆的存储容量很有限,一次至多加工7个要素,但是也有人认为是 $4 \pm 1$ (如Cowan, 2001)。此外,在加工信息而不仅仅是存储信息时,完全有理由推测工作记忆的容量只有2到3项,这取决于加工过程的性质。

工作记忆和长时记忆的互动也许要比加工容量更重要(Sweller, 2003, 2004)。工作记忆的容量限度仅仅针对全新、有待学习、还未存储到长时记忆中的那些信息。由于此类信息加工容量有限,诸如数字或者字母组合之类的全新信息只能保存较短暂的时间。相反,要加工那些早已存储在长时记忆中的先前旧知,加工容量就变得无限了。从某种意义上说,任何时候我们都可以从长时记忆中提取信息并将其与工作记忆中的相关信息整合,此时工作记忆的容量限度也变得无关紧要了。同样,这些从长时记忆中提取出来并和工作记忆相关内容加以整合的信息数量也是无限的。事实上,工作记忆加工熟悉材料和陌生材料的特征是不一样的,这促使埃里克松和克奇(Ericsson & Kintsch, 1995)提出了独立的“长时工作记忆”,用于加工那些早已掌握并能够熟练应用的信息。

任何教学理论都应认识到:处理新异信息应考虑工作记忆的容量限制。同样,处理熟悉信息也不能忽视工作记忆容量限制的特征实际上被消解了,否则就难以做到合理有效。主张“少教不教”的人认为,工作记忆似乎不存在,即使存在,它在加工新信息时也不存在实质性限制,尤其是对建构主义教学程序关注的那些信息来说更是如此。在“少教不教”教学程序中占核心地位的问题解决教学,被称

之为“探究性教学”,这种方式确实给工作记忆增加了较重的负荷(Sweller, 1988)。探究性教学的倡导者有必要解释他们是如何设法克服处理新信息时工作记忆出现的容量限制的。

## (三)人的认知架构对建构主义教学的启示

记忆结构及其内在关系对教学设计会产生直接的影响(Sweller, 1999; Sweller, Van Merriënboer & Paas, 1998)。探究性教学要求学习者检索问题空间以寻找问题的相关信息。所有基于问题的检索都增加了工作记忆负担。而且,这种负担对长时记忆的知识积累并无益处。因为工作记忆忙于检索问题的解决方案,在实际学习时很难加以调用,故它在学习新知时不能发挥作用。事实上,尽可能减少长时记忆的变化,延长存储的时间,倒是一种可行的尝试(如Sweller, Mawer, & Howe, 1982)。教学的目的不是搜索或发现信息,应该是向学习者提供具体的指导,帮助他们学会紧扣学习目标对信息进行认知操控,并将加工成果存储到长时记忆中。

要求新手学习者利用有限的工作记忆容量或机制去探究问题的解决方案,同时不给予指导或仅提供最少量的指导,其结果通常导致很少有人去考虑如何改变长时记忆。这样做的结果是导致出现一连串名目繁多但实质相通的“少教不教”教学方式,这些方式同我们所知的人类认知相去甚远。布鲁纳(Bruner, 1961)曾经主张:发现学习是一种教学手段。当时大家对人的认知架构的主要结构和内在关系尚未厘清。现在我们的处境迥乎不同了,因为我们早已谙熟人类认知的结构与功能、工作记忆和长时记忆的特征,谙熟彼此的内在关系及其对学习和问题解决的影响。这些新的认识将为系统研究和发展教学理论奠定基础,促进教学理论能够反映对认知架构的新认识(如Anderson, 1996; Glaser, 1987)。这项工作在设计有效的指导性教学中占据核心地位。

当然,如果没有充分的实证研究就断定“少教不教”不管用,也难圆其说。在回顾了当前有关学习指导的热议之后,我们将讨论有关指导性教学和无指导性教学对比的实证研究。

## 三、建构主义缘起和“少教不教”研究现状

鉴于“少教不教”与人的认知架构知识互不相

容,那么如何让这种教学方式能够自圆其说呢?新近有关“少教不教”的大多数研究源自建构主义(如 Steffe & Gale, 1995),似乎源自于观察到这样一个事实,即知识是由学习者建构的,所以,一方面,应该向学习者提供目标以及最少量信息以给予他们建构知识的机会;另一方面,学习不是千篇一律的活动,因此那些习以为常的教学模式和策略并不管用。建构主义对学习的描述是精准的,不过其提出的教学建议并非理所当然。

无论白叟黄童,大多数人都熟知如何依据给定的恰当信息建构知识。尚无确凿的证据能够表明,给定信息量的多少会影响学习者建构心理表征的能力。事实上,结果往往是截然相反的。无论学习者得到的给定信息是部分还是完整的,他们都需要建构心理表征或者图式。完整的信息能够带来而且更容易获得更为精确的心理表征。因此,仅凭建构主义基于观察得出的认识,即便是精准的描述,也不能直接得出教学方式设计理论或有效的教学谋略(Clark & Estes, 1998, 1999; Estes & Clark, 1999; Kirschner, Martens, & Strijbos, 2004)。然而,许多教育家、教育研究者、教学设计人员以及教材开发人员似乎都信奉“少教不教”并正在付诸实践。

建构主义实践的另一项尝试是从聚焦学科知识转向聚焦过程体验(Handelsman, et al, 2004; Hodson, 1988)。许多知名教育家和学科专家不约而同地主张,最好通过或者只通过基于学科过程的体验来学习知识。而前述之焦点转变正是与这一假设相伴生。受这一理念引领,教育工作者义无反顾地投身于广阔的实践之地和项目阵营,提倡通过发现法和探究法学习学科内容,而不屑教授那些构成学科主体的事实、规则、原理与理论。对探究和问题解决技能的实践应用倍加关注似乎应给予肯定。然而,如果冒然假设学习体验的教学内容等同于所学学科的方法和过程(即认识论),又或假设教学必须专门聚焦方法和过程,那么都可能犯下根本性错误。

舒尔曼(Shulman, 1986; Shulman & Hutchings, 1999)有关如何将知识内容和教学技能相结合的讨论有助于我们理解“为什么少教不教不管用”。他将“内容知识”定义为“教师脑中所拥有的知识数量和组织方式”(Shulman, 1986, p. 9),又将“教学内容知识”定义为“在所教的学科知识维度之外超越

本身的学科内容的知识”(p. 9)。而后,他又将“课程知识”定义为“从教师在呈现和例举特定内容时所用的教学手段中提炼出的一套经典处方”(p. 10)。基尔希纳(Kirschner, 1991, 1992)也申明,专家学者在自身领域中的工作方式(认识论)和学习者在此领域的学习方式(教学法)是大相径庭的。德霍尼(Dehoney, 1995)也颇有共鸣。他主张专家学者的心智模式和策略是通过其在本领域日积月累的体验中逐渐发展起来的。

尽管学科的学习和实践之间存在明显差异,很多课程开发人员、教育技术专家以及教育工作者似乎常常“将学科视为探究活动进行教学”(即关注科学研究过程本身的课程)和“以探究的方式进行学科教学”(将学科研究过程作为教学的方法或者学习的方法)两者混淆。这种困惑同样也出现在赫德(Hurd, 1969)提出的科学的基本原理中,他认为科学教学的课程应该是:

一种包含科学学科的概念性结构及其探究类型的镜像。课堂应该反映当代科学的理论和方法。在科学教学中,课堂实践应与研究过程协调一致,以对知识的概念结构、直观结构和理论结构起到支持作用(p. 16)。

这一基本原理假设:

要树立某种态度、培养科学兴趣、掌握实验技能、了解科学知识、掌握科学本质,这些都需要通过科学的方法才能如期达标,而且大体上应采用归纳的方法(Hodson, 1988, p. 22)。

这一基本原理的谬见在于忽视了专家学者和新手学习者在学习行为和方式上的差异。

依据凯尔(Kyle, 1980)的主张,科学探究活动指学习者通过正规教学过程已经掌握了特定学科内容的广泛、核心的知识,从而有机结合以无拘无束的思考能力和系统严谨的表现能力。这不等同于科学教学的研究性方法、自我教学技能或者开放性教学技能。将两者混为一谈的教育工作者会将探究误用为一种奠定教学策略基础的范式。

最后,诺瓦克(Novak, 1988)指出,二十世纪五六十年代中等学校科学教育改革的结果竟然到了令人大失所望的地步,其主要症结在于“科学教育颠覆性变革的最大障碍源自深藏于‘探究’导向教学背后的认识论早已陈旧过时”(pp. 79-80)。

#### 四、指导性教学与非指导性教学比较

如果已经有控制性实验清楚地证明“少教不教”比指导教学更有效,那么上述的争论就会变得无关紧要了。事实上,正如我们基于对人类认知的理解以及学科学习与学科操练的区分,这一结论倒过来说才是可信的。控制性实验研究不约而同地表明:面对新信息的加工,应该向学习者清晰地展示做什么和怎样做。

一些实证研究综述已经奠定了有坚实研究基础的案例,以对“少教不教”做法提出异议。过多地回顾相关研究已经超出了本文的篇幅,我们不妨援引梅耶(Mayer, 2004)的研究。他回顾了二十世纪五十年代到八十年代以来有关纯发现学习,即没有指导、基于问题的教学和指导性教学之间的比较研究。他的综述表明:自二十世纪五十年代以来,每隔十年,每当实证研究证实风行一时的纯发现学习不管用时,就会有一种本质相同的教学方式冠以他名悄然而生,如此循环往复,此起彼伏。每股新生势力都主张纯发现学习法,对于先前那些“少教不教不管用”的证据置若罔闻。这种模式催生了一系列新型教学方式的演进,从发现学习到体验学习,从基于问题教学到探究性学习,层层递进,最终止于当下的建构主义教学技术。梅耶(2004)总结指出:“有关发现学习的争论在教育界总是不断上演,但每一次实证的天平总是倾向于指导性学习”(p. 18)。

##### (一)支持指导性教学研究现状

采用建构主义教学方式,学生所得甚少,故大多数信誓旦旦想在课堂上落实建构主义的教师最终无奈还是向学生提供了大量的指导。例如,奥尔斯(Aulls, 2002)的定性研究对此给出了合理的解释。他观察了许多教师如何在课堂上开展建构主义活动。当学生在发现性环境中难以取得学业进步时,大多数高效的教师会引入“脚手架”。他对此展开了具体说明,指出学生之所以能达到所有的学习目标,是有赖于教师通过以下各种方式花费大量的时间与学生进行教学互动:

同时呈现教学内容和搭建“脚手架”的相关程序……(1)为鉴别和自我检测重要信息建立示范程序;……(2)向学生展示如何将信息简化为释义;……(3)要求学生在协同努力和制定规则时充分协

商;(4)鼓励基于问题的协同性对话。(p. 533)

从设计精良的控制性实验研究中得到的证据更是指导性教学强有力的坚实后盾(Moreno, 2004; Tuovinen & Sweller, 1999)。哈迪曼、波兰特斯克和韦尔(Hardiman, Pollatsek & Weil, 1986)以及布朗和坎皮奥内(Brown & Campione, 1994)指出,如果要求学生在课堂中学习科学,采用纯发现法并且仅仅给予最少量的反馈,学生总会感到茫然且灰心丧气,其困惑往往会造成误解。还有一些研究者(Carlson, Lundy & Schneider, 1992; Schauble, 1990)发现,由于这样的学习情境一开始就注定了错误,纯发现法往往收效甚微。莫雷诺(Moreno, 2004)总结指出,越来越多的研究表明,相比发现学习,学生从指导性学习中所得更为深刻。雪尔(Chall, 2000)、麦克基奥等(McKeough, Lupart & Marini, 1995)、朔伊布勒(Schauble, 1990)以及斯金利和安德森(Singley & Anderson, 1989)也不约而同地得出相似结论。克拉尔和尼卡姆(Klahr & Nigam, 2004)在一项重要研究中将有关学习者在发现学习情境和指导性教学情境中的学习进行对比,不仅验证了学习成果的多少,还讨论了学习质量的优劣。具体来说就是,他们验证了通过发现学习法,学习者是否能够更好地将知识迁移到新情境之中。结论一目了然:指导性教学涉及大量的指导,包括各种实例,比发现学习法取得更多的学习成果。相对而言,基于发现学习法的学习质量比起指导性教学略逊一筹。

##### 1. 认知负荷

斯维勒(Sweller)和其他学者(Mayer, 2001; Paas, Renkl, & Sweller, 2003, 2004; Sweller, 1999, 2004; Winn, 2003)指出,尽管非指导性教学环境在帮助学生从学习材料中获取意义方面的优势独特,但是认知负荷理论表明,在极其复杂的环境中自由探索会加重工作记忆的负担甚至对学习造成不利影响。对于新手学习者来说,这一结论显得尤为重要,因为他们缺少恰当的图式对新旧知识予以整合。屠奥维宁和斯维勒(Tuovinen & Sweller, 1999)指出,与样例练习相比,探究型练习(发现学习的一种具体方式)造成了较重的认知负荷,学习效果甚差。对基础较好的学习者来说,没有产生负面的影响,但是两种不同的练习方式得到的效果一样。梅耶



(Mayer, 2001)讨论了多媒体教学的系列实验,这些实验是他和同事利用斯维勒(Sweller, 1988, 1999)的认知负荷理论和其他相关认知理论精心设计的。在他讨论的诸多研究中,相比非指导性教学,指导性教学不仅对即时回忆来说效果不错,而且还有利于发展长期迁移和问题解决技能。

## 2. 工作样例

工作样例实际上是一种带有较强指导力度教学的缩影。和没有学习样例便直接接受任务的学习者相比,学习者学习了工作样例之后,在后续同类问题测试中表现更为出色。根据认知负荷理论,这就是所谓的“工作样例效应”。因此,不同的实验重复得出的工作样例效应,充分证实了指导性教学明显优于少教不教,更何况,工作样例效应是建立在控制性实验基础上得出的,这就更加令人信服。

斯维勒和库帕(Sweller & Cooper, 1985)以及库帕和斯维勒(Cooper & Sweller, 1987)首次证实了工作样例效应。研究发现,在代数课上,学生学习代数样例和解决同类问题,前者学习效果更好。自从样例效应的早期示证之后,不少研究者还选取多种类型的学习者学习同等难度的各种材料,在各种情境中不断重复验证这种效应(Carroll, 1994; Miller, Lehman & Koedinger, 1999; Paas, 1992; Paas & van Merriënboer, 1994; Pillay, 1994; Quilici & Mayer, 1996; Trafton & Reiser, 1993)。对于新手而言,学习工作样例显然是优于发现学习或构想问题的解决方案。

为什么会产生工作样例效应呢?这要从认知负荷理论说起,也就是我们之前已经提及的扎根于人的认知架构理论。解决问题需要检索,而这必须利用有限的工作记忆。问题解决的检索环节对于改变长时记忆而言是一种低效的工作,因为其本身的功能不是改变长时记忆而是找寻解决方案。事实上,即使没有学到任何东西,问题解决中的检索功能也可以发挥得淋漓尽致(Sweller, 1988)。因此,问题解决中的检索任务使得有限的工作记忆增加了负担,需要调用工作记忆资源来完成一些与学习无关的活动。结果,学习者即便一直沉浸在问题解决活动中也可能依然一无所获(Sweller, et al, 1982)。

相反,样例学习不仅可以减轻工作记忆的负担(因为检索工作减轻或者去除),而且可以将学习者

的注意力(即引导工作记忆的资源)聚焦到学习问题解决各步骤之间的基本关系上。学习者学会鉴别针对某种问题,哪些步骤是必须的,同时也为获得问题解决图式奠定了基础(Chi, Glaser & Rees, 1982)。和那些没有学习样例直接解决问题的学习者相比,得出的结果就是产生了“工作样例效应”。

在某些条件下,工作样例效应可能难以实现。首先,当工作样例自身有较重的认知负荷时,那么其效应就难以实现。换言之,当工作样例的呈现方式要求学生去找寻问题解决方案时,就很有可能存在较重的认知负荷(Tarmizi & Sweller, 1988; Ward & Sweller, 1990)。其次,随着学习者专长的提升,工作样例效应起先会不起作用,而后会起反作用。当学习者具备丰富的先知体验,样例学习对其而言就是多余的负担,与生成肯定的解决方案相比,反而加重了认知负荷,此时采用问题解决策略倒是大有用武之地(Kalyuga, Chandler, Tuovinen & Sweller, 2001)。这种现象是“专长反转效应”的良好佐证(Kalyuga, Ayres, Chandler & Sweller, 2003)。此研究强调指出,应该向新手学习者提供充分的相关指导,因为他们的长时记忆中缺乏足够的知识来阻止问题解决中徒劳的检索工作。随着专长的提升,这种指导可以逐步撤除,因为长时记忆中的知识可以替代外部指导。

## 3. 过程清单

指导性教学的另一种方式是运用过程清单(van Merriënboer, 1997)。这种清单向学习者提供问题解决过程的各个步骤,使其明确解决问题各阶段的具体要求并提供成功解决问题的经验规则。学生在完成学习任务时可以参考过程清单,也可以用此记录问题解决过程中各阶段的即时结果。

例如,纳多斯基、基尔希纳和范梅里恩伯尔(Nadolski, Kirschner & Van Merriënboer, 2005)研究了过程清单在法律专业学生的应用效果,即通过案例中各种细节之间的前后衔接和更精准的表述,充分表明了过程清单对学业表现的积极作用。通过过程清单接受指导的学习者比独立探索操作程序的学习者表现更出色。

## (二)各种情境之非指导性教学模式研究

先前已经讨论了有关学习的人的认知架构和支持指导性教学的现状,接下来将探讨五花八门的非

指导性教学模式。

### 1. 体验学习

科尔伯(Kolb, 1971)以及科尔伯和弗赖(Kolb & Fry, 1975)声称,学习过程应始于学习者的某一特定行为,然后观察并发现这种行为在特定情境中的影响。第二步是了解特定实例产生的影响,即在—情境中如果采取同样的行动,可以推测预期的结果。第三步是总结归纳这些具体实例遵循的基本原理。此外,他们还提出—组学习风格,并假设这些学习风格会影响学习者如何利用体验性环境。

体验学习和学习风格的证实并非—帆风顺(Kolb, 1971, 1984, 1999)。例如,伊利弗(Illif, 1994)从涉及体验学习理论的定量、定性和理论研究的275篇学位论文和624篇期刊论文中挑选出101篇定性的“学习风格调查”研究进行元分析,并运用科尔伯学习风格调查表(Kolb, Boyatzis, & Mainemelis, 2001),发现学习风格和体验学习理论的相关性较低( $< .5$ ),效应量从低(.2)到中等(.5)。他总结指出,这些数据的量级还不足以达到预测效度的标准来支持培训工作中采用这种体验方式。同样,卢布和司陶特(Ruble & Stout, 1993)援引了1980–1991年的大量研究,结论是科尔伯学习风格调查(KLSI–1976; Kolb, 1976)反复测试的信度较低,与学习风格分类相关的各项因素之间的相关性较低甚至彼此孤立,其实用性尚未得到广泛认可,尤其是出于研究的目的来说更是如此。

罗布耶(Roblyer, 1996)和帕金斯(Perkins, 1991)调查了“少教不教”教学法在教学设计和教育技术研究中的相关证据。两人一致认为,现有的研究不足以支持“少教不教法”,而且都主张某种方式的强有力指导对有效的学习和迁移是必不可少的。

### 2. 学习的个体差异

建构主义的教学主张部分来自于个体差异能够对教学影响作出调节。这一论断源于大量的性向—配对互动(ATI)研究,这些研究探讨了不同教学方式带来的效应是否受学生性向和特征的影响(Cronbach & Snow, 1977; Kyllonen & Lajoie, 2003; Snow, Corno & Jackson, 1996)。依据那些对新手学习者有效而随着专长提升而逐渐失效的教学方式,大多数研究工作就是前述“专长反转效应”的前身。

克伦巴赫和斯诺(Cronbach & Snow, 1977)回顾

了性向——配对互动的研究发现,各种教学方式和性向之间有大量不断重复的有序和无序互动。性向—配对互动研究最常见的结论之一来自于基罗纳和拉乔伊(Kyllonen & Lajoie, 2003)的研究:“强处理方式惠及慢生,弱处理方式惠及快生”(p. 82)。这一结论也为迄今广为认可的“脚手架效应”拉开帷幕。

在克伦巴赫和斯诺(1977)所介绍的教学方式中,强处理意味着教学呈现高度结构化,信息组织方式十分清晰,还提供学习支持。弱处理的教学结构相对松散,较少提供学习支持。在其回顾的文献中所运用的性向测量手段多种多样,但是通常会涉及测量具体学科内容知识以及固定不变的能力和灵活有变的能力。斯诺和洛曼(Snow & Lohman, 1984)鼓励研究者关注由特定的学习目标而决定的认知过程。他们一再提倡关注由特定任务决定的认知过程,关注这些过程如何在学习者的性向中得以体现,教学策略的特征如何弥补学生较为欠缺的相关性向,提供必要的认知过程有助于学生完成学习和迁移的目标。

### 3. 学后所知甚少

克拉克(Clark, 1989)提供了另一组来自性向——配对互动研究范式的相关结论。他回顾了约70项性向—配对互动研究,发现在一些实验中,实验者选取了性向较差的学生接受非指导性弱方法教学,相比前测,后测的成绩退步明显。研究指出,对于经验不足或能力较弱的学生,若不及时提供强有力的学习支持将会对其造成重大的损失。研究覆盖的教育层次从小学到大学以及各种工作环境,涉及各式各样的问题和任务。更令人沮丧的是,克拉克(1982)提供的实证表明,当学生需要在指导教学和非指导性教学中做出选择时,有些能力较弱的学生选择了非指导性教学,尽管所得甚少,依然乐于享受此番体验。有些性向较高的学生选择了高度结构化教学法,虽然比起那些结构松散的课程,他们达到的学业水平略低,但是他们内心充实,也乐在其中。克拉克提出一个假设:帮助经验不足的学习者最有效的教学方式是在教学呈现中提供有关具体任务的学习策略。这些策略对学习者的而言,需要明确具体、注意聚焦的努力,尽管对学习颇有裨益,却依然时常受冷遇。对于能力较强的学习者而言,获得内隐的、有



关具体任务的学习策略比镶嵌在课程结构中的策略更有效。克拉克还指出,能力越强的学生选择的课程指导力度往往越大,因为他们深信自己能够花费最少的努力达成学习目标。华尔兹(Woltz, 2003)所做的研究是新近有关性向——配对互动的正例,他考察了学习任务所需的认知过程。他提供的证据表明,同一学习者能否从强方法或者弱方法中受益取决于预期的学习和迁移结果的类型。

#### 4. 非指导性科学学习的实证研究

前文提及的克拉尔和尼卡姆(Klahr & Nigam, 2004)研究,毫无疑问充分证实了指导性教学在科学教学中的优势。诸如此类的例证不胜枚举。美国国家科学院发布的系列实验结果表明,在各种科学或者数学课程中对各年龄层进行非指导性教学都存在负面效应。麦克蕾、德哈恩和尚克(McCray, DeHaan & Schuck, 2003)对工程、技术、科学、数学等专业的大学本科教学研究和实践进行了回顾。古鲁姆、波斯坦尔、拉波夫和柯蒂斯(Gollub, Berthenthal, Labov & Curtis, 2003)对高中科学和数学的教学研究和经历进行了回顾。基尔帕特里克、斯沃福德和芬戴尔(Kilpatrick, Swafford & Findell, 2001)对中小学数学教学进行了探讨。上述研究以及美国国家科学院的其他刊文都充分证明:非指导性教学乏善可陈,指导性教学大有裨益。基于扎实的研究,大多数学者提出了可供参考的教学原理。这些研究部分源于美国科学和数学教学的不良现状。最终,依据性向——配对互动研究和专长反转效应,罗布耶、爱德华和哈夫赖鲁克(Roblyer, Edwards & Havriluk, 1997)研究指出,教师已经发现,只有当学生具备先前旧知和有序的相关经历之时,发现学习法才会凸显成效。

#### 5. 基于问题学习的医学教学研究

总体而言,对学科学习和学科研究之间差异的混淆不清,以及客观观察在归纳论者和经验论者中倍受青睐,促使许多教育工作者主张以基于问题的方式进行学科教学(Allen, Barker & Ramsden, 1986; Anthony, 1973; Barrows & Tamblyn, 1980; Obioma, 1986)。基于问题学习不仅与科学哲学相吻合,与生本中心的先进理论也不谋而合,强调亲身体验和个性化学习。考思伦和罗厄尔(Cawthron & Rowell, 1978)指出,基于问题学习似乎也吻合涵盖

性术语“发现”所包含的知识逻辑和认知心理学。他质疑道:为什么教育工作者所做的过程分析应该比传统的归纳主义者和经验论者更为透彻深远?

为了拯救医学专业学生逃离那些一言堂式讲座和死记硬背的考试,在过去近二十年里,北美约有60多所医学院校采用“问题教学法”。这种“少教不教法”是建构主义教学方式的变体,最早由麦克马斯特(McMaster)大学医学院1969年引进,要求医学专业学生以小组合作的形式对常见患者的病症做出诊断并提出治疗方案。这些学习小组由诊所的医疗工作人员监督,他并不代替学生解决问题,但可以提供一些备选方案和信息。

关于问题教学 and 传统医学教学的对比研究,最著名的调查来自阿尔巴内斯和米契尔(Albanese & Mitchell, 1993)。问题教学效果的英文文献元分析提供了大量的负面结论,包括基本的科学测验得分较低、住院医师在选拔中表现平平以及每天花费更多的时间学习等。他们指出,虽然通过问题教学,学生的临床表现得分更高,但是他们需要进行很多没有必要的尝试,对于患者而言代价太高,弊大于利。研究回顾也揭示了临床实践得分的提高是因为学生在问题教学中花费更多的时间接触临床环境。

伯克森(Berkson, 1993)同样回顾了大量有关基于问题学习的文献,与阿尔巴内斯和米契尔(1993)的结论可谓异曲同工。她回顾了一项研究,对基于问题学习和传统教学中学生的问题解决能力进行比较,没有发现任何显著性差异,这也就难以再现阿尔巴内斯和米契尔发现的临床优势。克里夫(Colliver, 2000)综述了有关基于问题学习和传统教学在医学课程中的效果比较研究。其结论得知,从统计学上看,基于问题学习对医学专业学生在入学之后两年内的标准化测试和教师编制的测试中的表现未产生影响。对于医学教学而言,还有一个永恒的话题也很重要,那就是,和传统教学相比,基于问题学习不是效果更好,而是成本更高。当然,基于问题学习的支持者中也不乏有识之士直面自身的不足。西尔佛(Hmelo-Silver, 2004)对基于问题学习的效力提出了强烈质疑:

基于问题学习模式的特定层面应该迎合学习者的发展水平……需要留有一定的空间提供“即用即学”的指导性教学,换言之,当学生正努力解决某一

问题,需要特定的相关知识,此时的讲授犹如雪中送炭……支持程序、脚本合作、结构化日志等教学手段在基于问题学习向其他学习情境推进时都可以发挥作用(pp. 260–261)。

基于问题学习有两大主要成分:一是以假设演绎法进行有关问题解决策略的显性教学(Barrows & Tamblyn, 1980),二是在具体案例或实例中进行有关基本内容的教学。这一理论的拥护者声称以问题为中心的教学方式优于传统教学。尤其是让学生通过假设演绎法,以一种更有意义的方式在具体问题情境中操练所学的问题解决技能。研究者认为,因为学生一开始就直面问题,于是他们有更多的机会操练问题解决技能,在学习分析问题和寻求解释时很明显运用了假设演绎法,并进一步加深了对临床问题的理解(Norman & Schmidt, 1992)。帕特尔(Patel)及其同事则认为,假设演绎法并非解决临床问题最有效方式(Patel & Groen, 1986; Patel, Arocha & Kaufman, 1994)。

在医学领域,帕特尔、葛洛恩和诺曼(Patel, Groen & Norman, 1993)的研究表明,临床环境中教授基本的科学知识也许并无益处,因为一旦将基本科学知识置于情境之中,就很难使其脱离那个已经融为一体的特定临床情境。他们认为,那些在基于问题学习中接受培训的学生难以将基本的科学与特定患者的具体临床知识相区分。虽然在基于问题学习中学生生成了更为详尽的解释,但是他们的解释缺乏连贯性且错误较多。如果学生难以将所学的生物医学知识和具体临床病例的知识相区分,那么在面对全新的问题时,他们总会扯上一些毫不相干的生物医学知识,这也就不足为奇了。

这种影响似乎要持续作用到培训之后。在一项主要关注基于问题学习和传统教学对本科生实习表现的影响,包括对临床和生物医学知识的组织以及论证策略应用的研究中,罗恰和帕特尔(Arocha & Patel 1995)发现,接受问题解决学习培训的受试者保持逆向推理能力,但是似乎没有习得正向推理技能(而这正是掌握专长的标志之一)。这一结论表明,基于问题学习中某些因素可能会阻碍正向推理能力的发展。

专家通过运用基于图式的范型识别确定患者的病因。按照爱丽斯坦(Elistein, 1994)的观点,知识

组织和图式获得比运用特定的问题解决方式对专长发展更为重要。据此,认知研究已经表明要掌握某一领域的专长,学习者必须掌握必要的图式,使其能有意义和有效地解释信息并且明确问题结构。这离不开指导学习者选择信息和过滤信息。

罗恰和帕特尔(1995)对基于问题学习的负面结果给出了如下总结:

可以通过在问题解决过程中注意分离效应和图式构建中的工作记忆高负荷来加以解释。在解决临床问题时,学生必须关注当前的诊断假设、已呈现的资料以及所有在诊断和患者资料之间生成的假设性关联(例如,在症状背后的病理生理学发展过程)。假如我们认为产生的假设不止一种,在工作记忆中保持这些信息所需的认知资源往往不足以构建有关问题的图式。尽管运用假设演绎法可以成功解决问题,但是可供聚焦和记忆的资源匮乏使得学习者难以找到恰当的方式厘清问题图式。我们可以假设,基于问题学习中难以习得正向推理技能的原因之一正是将问题解决技能作为一种学习策略加以应用,例如假设演绎法。

我们之前主张不能将学科认识论和学科教学法混为一谈,以上研究结论与这一主张完全一致。专业的实践本身并不等同于教会如何进行专业实践。

## 五、结语

“少教不教”经历了近半个世纪的鼓吹热捧,却似乎难以找到坚强的研究后盾。时至今日,针对从新手到中等程度学习者的教学而言,从控制性实验中获得的数据,几乎无一例外地支持指导性教学而非基于建构主义的“少教不教”。即使针对那些具备丰富先知的学生,强指导性教学和非指导性教学的效果对照也是不相上下。非指导性教学不仅常常失效,而且有证据表明它可能会带来负面结果使学生得到错误的概念,不完整或杂乱无章的知识。

尽管对这种并不管用的教学方式为何日益盛行的原因不甚了了,但在科学教育和医学教育中却可以找到支持这种方式的源头,那就是前苏联发射人造卫星之后所带来的科学课程改革,例如生物科学课程研究会、化学教材研究会和物理科学研究委员会所倡导的那一套做法。正是在那时,教育工作者从聚焦学科知识转向了聚焦过程体验,认为最好或

者只能通过基于学科过程的体验来学习知识。这种理念推动了无指导的实践和项目学习,拒绝那些构成学科主体的事实、规则、原理与理论。强调对所学知识的实践应用,这看起来是积极的,然而,如果就这样假设学习体验的教学内容等同于所学学科的方法和过程(即认识论),又或假设教学必须专门聚焦应用,那可能是错误的。遗憾的是,现在的建构主义观点已经变成了形而上学,往往在认识论上反对知识的呈现和阐释。因此,我们不难理解韩德斯曼(Handelsman et al., 2004)探讨科学教育时存在的困惑,“为什么杰出的科学家需要缜密的证据证实自己的科学论断,他们依然在捍卫自己直觉上的偏见,明明教学方式并不是最有效的,却依然在为其辩护?”(p. 521)。我们也易于接受梅耶(2004)提出的观点:“我们应该把教育改革的重点从模糊不清徒劳低效的意识形态——常常躲藏在建构主义大旗之下——转向尖锐深刻多产高效的理论研究,关注人是如何学习的这一问题。”(p. 18)。

#### [ 注释 ]

①Kirschner, P. A., Sweller, J. & Clark R. E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching, *Educational Psychologist*, 41(2), 75-86.

②我们最初在论文中使用的术语是“指导性教学”(direct instruction)。这里我们将这个术语改称为“显性教学”(explicit instruction)。理由有三:首先,指导性教学在有些国家或者有些文化中被认为是教师在讲台上传统讲授法。这显然不符合我们的本意;第二,哈蒂等人把“指导性教学”看作是与“促进教学”(facilitating approaches)相对的一种活动方式;第三,在北美国家中,指导性教学还被用于教授智障儿童和成人,这可能会使得读者产生混淆。

#### [ 参考文献 ]

- [1] Albanese, M., & Mitchell, S. (1993). Problem-based learning: A review of the literature on its outcomes and implementation issues. *Academic Medicine*, 68, 52-81.
- [2] Allen, J. B., Barker, L. N., & Ramsden, J. H. (1986). Guided inquiry laboratory. *Journal of Chemical Education*, 63, 533-534.
- [3] Anderson, J. R. (1996). ACT: A simple theory of complex cognition. *American Psychologist*, 51, 355-365.
- [4] Anthony, W. S. (1973). Learning to discover rules by discovery. *Journal of Educational Psychology*, 64, 325-328.
- [5] Arocha, J. F., & Patel, V. L. (1995). Novice diagnostic reasoning in medicine: Accounting for clinical evidence. *Journal of the*

*Learning Sciences*, 4, 355-384.

- [6] Atkinson, R., & Shiffrin, R. (1968). Human memory: A proposed system and its control processes. In K. Spence & J. Spence (Eds.), *The psychology of learning and motivation* (Vol. 2, pp. 89-195). New York: Academic.
- [7] Aulls, M. W. (2002). The contributions of co-occurring forms of classroom discourse and academic activities to curriculum events and instruction. *Journal of Educational Psychology*, 94, 520-538.
- [8] Ausubel, D. P. (1964). Some psychological and educational limitations of learning by discovery. *The Arithmetic Teacher*, 11, 290-302.
- [9] Barrows, H. S., & Tamblyn, R. M. (1980). *Problem-based learning: An approach to medical education*. New York: Springer.
- [10] Berkson, L. (1993). Problem-based learning: Have the expectations been met? *Academic Medicine*, 68(Suppl.), S79-S88.
- [11] Bernstein, D. A., Penner, L. A., Clarke-Stewart, A., Roy, E. J., & Wickens, C. D. (2003). *Psychology* (6th ed.). Boston: Houghton-Mifflin.
- [12] Boud, D., Keogh, R., & Walker, D. (Eds.). (1985). *Reflection: Turning experience into learning*. London: Kogan Page.
- [13] Brown, A., & Campione, J. (1994). Guided discovery in a community of learners. In K. McGilly (Ed.), *Classroom lessons: Integrating cognitive theory and classroom practice* (pp. 229-270). Cambridge, MA: MIT Press.
- [14] Bruner, J. S. (1961). The art of discovery. *Harvard Educational Review*, 31, 21-32.
- [15] Carlson, R. A., Lundy, D. H., & Schneider, W. (1992). Strategy guidance and memory aiding in learning a problem-solving skill. *Human Factors*, 34, 129-145.
- [16] Carroll, W. (1994). Using worked examples as an instructional support in the algebra classroom. *Journal of Educational Psychology*, 86, 360-367.
- [17] Cawthron, E. R., & Rowell, J. A. (1978). Epistemology and science education. *Studies in Science Education*, 5, 51-59.
- [18] Chall, J. S. (2000). *The academic achievement challenge*. New York: Guilford.
- [19] Chase, W. G., & Simon, H. A. (1973). Perception in chess. *Cognitive Psychology*, 4, 55-81.
- [20] Chi, M., Glaser, R., & Rees, E. (1982). Expertise in problem solving. In R. Sternberg (Ed.), *Advances in the psychology of human intelligence* (pp. 7-75). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- [21] Clark, R. E. (1982). Antagonism between achievement and enjoyment in ATI studies. *Educational Psychologist*, 17, 92-101.
- [22] Clark, R. E. (1989). When teaching kills learning: Research on mathemathantics. In H. N. Mandl, N. Bennett, E. de Corte, & H. F. Freidrich (Eds.), *Learning and instruction: European research in an international context* (Vol. 2, pp. 1-22). London: Pergamon.



- [23] Clark, R. E., & Estes, F. (1998). Technology or craft: What are we doing? *Educational Technology*, 38(5), 5–11.
- [24] Clark, R. E., & Estes, F. (1999). The development of authentic educational technologies. *Educational Technology*, 37(2), 5–16.
- [25] Colliver, J. A. (2000). Effectiveness of problem-based learning curricula: Research and theory. *Academic Medicine*, 75, 259–266.
- [26] Cooper, G., & Sweller, J. (1987). The effects of schema acquisition and rule automation on mathematical problem-solving transfer. *Journal of Educational Psychology*, 79, 347–362.
- [27] Cowan, N. (2001). The magical number 4 in short-term memory: A reconsideration of mental storage capacity. *Behavioral and Brain Sciences*, 24, 87–114.
- [28] Craig, R. (1956). Directed versus independent discovery of established relations. *Journal of Educational Psychology*, 47, 223–235.
- [29] Cronbach, L. J., & Snow, R. E. (1977). *Aptitudes and instructional methods: A handbook for research on interactions*. New York: Irvington.
- [30] De Groot, A. D. (1965). Thought and choice in chess. The Hague, Netherlands: Mouton. (Original work published 1946)
- [31] Dehoney, J. (1995). Cognitive task analysis: Implications for the theory and practice of instructional design. *Proceedings of the Annual National Convention of the Association for Educational Communications and Technology (AECT)*, 113–123. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 383 294)
- [32] Egan, D. E., & Schwartz, B. J. (1979). Chunking in recall of symbolic drawings. *Memory and Cognition*, 7, 149–158.
- [33] Elstein, A. S. (1994). What goes around comes around: Return of the hypothetico-deductive strategy. *Teaching & Learning in Medicine*, 6, 121–123.
- [34] Ericsson, K. A., & Kintsch, W. (1995). Long-term working memory. *Psychological Review*, 102, 211–245.
- [35] Estes, F., & Clark, R. E. (1999). Authentic educational technologies: The lynchpin between theory and practice. *Educational Technology*, 37(6), 5–13.
- [36] Glaser, R. (1987). Further notes toward a psychology of instruction. In R. Glaser (Ed.), *Advances in instructional psychology* (Vol. 3, pp. 1–39). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- [37] Gollub, J. P., Berthenthal, M., Labov, J., & Curtis, C. (Eds.). (2003). *Learning and understanding: Improving advanced study of mathematics and science in U. S. high schools*. Washington, DC: National Academies Press.
- [38] Handelsman, J., Egert-May, D., Beichner, R., Bruns, P., Change, A., DeHaan, R., et al. (2004). Scientific teaching. *Science*, 304, 521–522.
- [39] Hardiman, P., Pollatsek, A., & Weil, A. (1986). Learning to understand the balance beam. *Cognition and Instruction*, 3, 1–30.
- [40] Hattie, J. (2012) *Visible learning for teachers: Maximizing impact on learning*. London, UK: Routledge.
- [41] Hmelo-Silver, C. E. (2004). Problem-based learning: What and how do students learn? *Educational Psychology Review*, 16, 235–266.
- [42] Hodson, D. (1988). Experiments in science and science teaching. *Educational Philosophy and Theory*, 20, 53–66.
- [43] Hurd, P. D. (1969). *New directions in teaching secondary school science*. Chicago, IL: Rand McNally.
- [44] Iliff, C. H. (1994). Kolb's learning style inventory: A meta-analysis. Unpublished doctoral dissertation, Boston University, Boston.
- [45] Jeffries, R., Turner, A., Polson, P., & Atwood, M. (1981). Processes involved in designing software. In J. R. Anderson (Ed.), *Cognitive skills and their acquisition* (pp. 255–283). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- [46] Jonassen, D. (1991). Objectivism vs. constructivism. *Educational Technology Research and Development*, 39(3), 5–14.
- [47] Kalyuga, S., Ayres, P., Chandler, P., & Sweller, J. (2003). Expertise reversal effect. *Educational Psychologist*, 38, 23–31.
- [48] Kalyuga, S., Chandler, P., Tuovinen, J., & Sweller, J. (2001). When problem solving is superior to studying worked examples. *Journal of Educational Psychology*, 93, 579–588.
- [49] Kilpatrick, J., Swafford, J., & Findell, B. (Eds.). (2001). *Adding it up: Helping children learn mathematics*. Washington, DC: National Academies Press.
- [50] Kirschner, P. A. (1991). *Practicals in higher science education*. Utrecht, Netherlands: Lemma.
- [51] Kirschner, P. A. (1992). Epistemology, practical work and academic skills in science education. *Science and Education*, 1, 273–299.
- [52] Kirschner, P. A., Martens, R. L., & Strijbos, J. – W. (2004). CSCL in higher education? A framework for designing multiple collaborative environments. In P. Dillenbourg (Series Ed.) & J. W. Strijbos, P. A. Kirschner, & R. L. Martens (Vol. Eds.), *Computer-supported collaborative learning: Vol. 3. What we know about CSCL ... and implementing it in higher education* (pp. 3–30). Boston, MA: Kluwer Academic.
- [53] Klahr, D., & Nigam, M. (2004). The equivalence of learning paths in early science instruction: Effects of direct instruction and discovery learning. *Psychological Science*, 15, 661–667.
- [54] Kolb, D. A. (1971). Individual learning styles and the learning process (Working Paper No. 535–71). Cambridge, MA: Sloan School of Management, Massachusetts Institute of Technology.
- [55] Kolb, D. A. (1976). *The learning style inventory: Technical manual*. Boston, MA: McBer.

- [56] Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- [57] Kolb, D. A. (1999). *Learning Style Inventory*, version 3. Boston: TRG, Hay/McBer, Training Resources Group.
- [58] Kolb, D. A., Boyatzis, R. E., & Mainemelis, C. (2001). *Experiential learning theory: Previous research and new directions*:20. In R. J. Sternberg & L. Zhang (Eds.), *Perspectives on thinking, learning, and cognitive styles. The educational psychology series* (pp. 227–247). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- [59] Kyle, W. C., Jr. (1980). The distinction between inquiry and scientific enquiry and why high school students should be cognizant of the distinction. *Journal of Research on Science Teaching*, 17, 123–130.
- [60] Kyllonen, P. C., & Lajoie, S. P. (2003). Reassessing aptitude: Introduction a special issue in honor of Richard E. Snow. *Educational Psychology*, 38, 79–83.
- [61] Mayer, R. (2001). *Multi-media learning*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- [62] Mayer, R. (2004). Should there be a three-strikes rule against pure discovery learning? The case for guided methods of instruction. *American Psychologist* 59, 14–19.
- [63] McCray, R., DeHaan, R. L., & Schuck, J. A. (Eds.). (2003). *Improving undergraduate instruction in science, technology, engineering, and mathematics: Report of a workshop*. Washington, DC: National Academic Press.
- [64] McKeough, A., Lupart, J., & Marini, A. (Eds.). (1995). *Teaching for transfer: Fostering generalization in learning*. Mahwah, NJ: Lawr Erlbaum Associates, Inc.
- [65] Miller, C., Lehman, J., & Koedinger, K. (1999). Goals and learning microworlds. *Cognitive Science*, 23, 305–336.
- [66] Miller, G. A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, 63, 81–97.
- [67] Moreno, R. (2004). Decreasing cognitive load in novice students: Effects of explanatory versus corrective feedback in discovery-based multimedia. *Instructional Science*, 32, 99–113.
- [68] Nadolski, R. J., Kirschner, P. A., & van Merriënboer, J. G. (2005). Optimising the number of steps in learning tasks for complex skills. *British Journal of Educational Psychology*, 75, 223–237.
- [69] Norman, G. R., & Schmidt, H. G. (1992). The psychological basis of problem-based learning: A review of the evidence. *Academic Medicine*, 67, 557–565.
- [70] Novak, J. D. (1988). Learning science and the science of learning. *Studies in Science Education*, 15, 77–101.
- Obioma, G. O. (1986). Expository and guided discovery methods of presenting secondary school physics. *European Journal of Science Education*, 8, 51–56.
- [71] Paas, F. (1992). Training strategies for attaining transfer of problem-solving skill in statistics: A cognitive-load approach. *Journal of Educational Psychology*, 84, 429–434.
- [72] Paas, F., Renkl, A., & Sweller, J. (2003). Cognitive load theory and instructional design: Recent developments. *Educational Psychologist*, 38, 1–4.
- [73] Paas, F., Renkl, A., & Sweller, J. (2004). Cognitive load theory: Instructional implications of the interaction between information structures and cognitive architecture. *Instructional Science*, 32, 1–8.
- [74] Paas, F., & van Merriënboer, J. (1994). Variability of worked examples and transfer of geometrical problem solving skills: A cognitive-load approach. *Journal of Educational Psychology*, 86, 122–133.
- [75] Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. New York: Basic Books.
- Patel, V. L., Arocha, J. F., & Kaufman, D. R. (1994). Diagnostic reasoning and expertise. *The Psychology of Learning and Motivation: Advances in Research and Theory*, 31, 137–252.
- [76] Patel, V. L., & Groen, G. J. (1986). Knowledge-based solution strategies in medical reasoning. *Cognitive Science*, 10, 91–116.
- [77] Patel, V. L., Groen, G. J., & Norman, G. R. (1993). Reasoning and instruction in medical curricula. *Cognition & Instruction*, 10, 335–378.
- [78] Perkins, D. N. (1991). Technology meets constructivism: Do they make a marriage? *Educational Technology*, 13, 18–23.
- [79] Peterson, L., & Peterson, M. (1959). Short-term retention of individual verbal items. *Journal of Experimental Psychology*, 58, 193–198.
- [80] Pillay, H. (1994). Cognitive load and mental rotation: Structuring orthographic projection for learning and problem solving. *Instructional Science*, 22, 91–113.
- [81] Quilici, J. L., & Mayer, R. E. (1996). Role of examples in how students learn to categorize statistics word problems. *Journal of Educational Psychology*, 88, 144–161.
- [82] Roblyer, M. D. (1996). The constructivist/objectivist debate: Implications for instructional technology research. *Learning and Leading With Technology*, 24, 12–16.
- [83] Roblyer, M. D., Edwards, J., & Havriluk, M. A. (1997). *Integrating educational technology into teaching* (2nd ed.). Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall.
- [84] Ruble, T. L., & Stout, D. E. (1993, March). Learning styles and end-user training: An unwarranted leap of faith. *MIS Quarterly*, 17, 115–117.
- [85] Rutherford, F. J. (1964). The role of inquiry in science teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 2, 80–84.
- [86] Schauble, L. (1990). Belief revision in children: The role of prior knowledge and strategies for generating evidence. *Journal of Experimental Child Psychology*, 49, 31–57.
- [87] Schmidt, H. G. (1983). Problem-based learning: Rationale

and description. *Medical Education*, 17, 11–16.

[88] Schmidt, H. G. (1998). Problem-based learning: Does it prepare medical students to become better doctors? *The Medical Journal of Australia*, 168, 429–430.

[89] Schmidt, H. G. (2000). Assumptions underlying self-directed learning may be false. *Medical Education*, 34, 243–245.

[90] Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15, 4–14.

[91] Shulman, L. S., & Hutchings, P. (1999, September–October). The scholarship of teaching: New elaborations, new developments. *Change*, 11–15.

[92] Shulman, L., & Keisler, E. (Eds.). (1966). *Learning by discovery: A critical appraisal*. Chicago: Rand McNally.

[93] Singley, M. K., & Anderson, J. R. (1989). The transfer of cognitive skill. Cambridge, MA: Harvard University Press.

[94] Snow, R. E., Corno, L., & Jackson, D. N., III. (1994). Individual differences in conation: Selected constructs and measures. In H. F. O'Neil & M. Drillings (Eds.), *Motivation: Theory and research* (pp. 71–99). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.

[95] Snow, R. E., Corno, L., & Jackson, D. (1996). Individual differences in affective and conative functions. In D. Berliner & R. Calfee (Eds.), *Handbook of educational psychology* (pp. 243–310). New York: Simon & Schuster.

[96] Snow, R. E., & Lohman, D. F. (1984). Toward a theory of cognitive aptitude for learning from instruction. *Journal of Educational Psychology*, 76, 347–376.

[97] Steffe, L., & Gale, J. (Eds.). (1995). *Constructivism in education*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.

[98] Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science*, 12, 257–285.

[99] Sweller, J. (1999). *Instructional design in technical areas*. Camberwell, Australia: ACER Press.

[100] Sweller, J. (2003). Evolution of human cognitive architecture. In B. Ross (Ed.), *The psychology of learning and motivation* (Vol. 43, pp. 215–266). San Diego, CA: Academic.

[101] Sweller, J. (2004). Instructional design consequences of an analogy between evolution by natural selection and human cognitive archi-

ture. *Instructional Science*, 32, 9–31.

[102] Sweller, J., & Cooper, G. A. (1985). The use of worked examples as a substitute for problem solving in learning algebra. *Cognition and Instruction*, 2, 59–89.

[103] Sweller, J., Mawer, R., & Howe, W. (1982). The consequences of history cued and means-ends strategies in problems solving. *American Journal of Psychology*, 95, 455–484.

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

[105] Tarnizi, R., & Sweller, J. (1988). Guidance during mathematical problem solving. *Journal of Educational Psychology*, 80, 424–436.

[106] Trafton, J. G., & Reiser, R. J. (1993). The contribution of studying examples and solving problems to skill acquisition. In M. Polson (Ed.), *Proceedings of the 15th Annual Conference of the Cognitive Science Society* (pp. 1017–1022). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.

[107] Tuovinen, J. E., & Sweller, J. (1999). A comparison of cognitive load associated with discovery learning and worked examples. *Journal of Educational Psychology*, 91, 334–341.

[108] Van Joolingen, W. R., de Jong, T., Lazonder, A. W., Savelsbergh, E. R., & Manlove, S. (2005). Co-Lab: Research and development of an online learning environment for collaborative scientific discovery learning. *Computers in Human Behavior*, 21, 671–688.

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

[110] Ward, M., & Sweller, J. (1990). Structuring effective worked examples. *Cognition and Instruction*, 7, 1–39.

[111] Winn, W. (2003). Research methods and types of evidence for research in educational psychology. *Educational Psychology Review*, 15, 367–373.

[112] Woltz, D. J. (2003). Implicit cognitive processes as aptitudes for learning. *Educational Psychologist*, 38, 95–104.

(编辑:徐辉富)

(下转第55页)