

打开黑箱:学习与发展的科学基础(下)

——美国“以学生为中心”的本科教学改革研究之二

赵炬明

【摘要】 本文是美国“以学生为中心”本科教学改革系列研究的第二篇,主要探讨这场改革的科学基础。本文认为这场改革有四大基础:脑科学与神经科学、青春期发展研究、认知心理学与认知科学、学习心理学与学习科学,可分别称之为了解大脑、了解学生、了解认知、了解学习。本文在简要介绍这四个领域发展的基础上,探讨了它们对这场改革的贡献和意义。原文较长,故分为上下两篇发表。上篇已经介绍了脑科学和青春期大学生发展研究,这是下篇,分别介绍认知心理学与认知科学、学习心理学与学习科学研究的发展,并探讨它们对“以学生为中心”的本科教学改革的贡献和意义。

【关键词】 认知心理学 认知科学 学习心理学 学习科学 以学生为中心 大学本科教学 教学改革

【收稿日期】 2017年4月

【作者简介】 赵炬明,华中科技大学教育科学研究院教授、博士生导师。

(接上篇结尾处)

三、了解认知——认知心理学与认知科学

第三个对 SC 改革有重要贡献的领域是认知心理学和认知科学。认知研究的对象是心智(mind),包括:感知觉、注意与意识、学习与记忆、语言与思维、推理与逻辑、认知与情绪、认知控制等。^[1]当代认知心理学和认知科学是在 1960 年代认知革命的结果。发生在认知领域里的知识进步改变了人们对认知与学习的看法,推动了学习心理学和学习科学的发展。这些进步使得人们可以在新的基础上重新反思学校的教育教学活动,并最终推动了 SC 改革。

本节分三部分。首先是认知心理学和认知科学发展简史,然后介绍认知模型论,最后介绍专家/新手研究。

1. 认知研究简史。

认知研究起源于认识论哲学。认识论哲学可以分为两部分,一是关于认识过程,即认识论;二是关于认识结果,即知识论。这里只讨论认识论,不讨论知识论。认知研究的核心问题是人如何认知。

自古以来,大凡对认识论感兴趣的哲学家都多少会涉及认知问题。但由于缺少科学思维和思维可视化手段,古代研究主要靠个人体验与猜测,因此属于哲学研究。尽管如此,还是有些古代哲

学家对认知研究做出了重要贡献。

一是古希腊哲学家柏拉图。他认为人靠“理念”认识事物。然而理念是完美的,而现实事物是粗糙的,因此他认为理念不可能是来自实际事物,而应该是先天的。因此对他来说,学习的过程就是灵魂回忆理念的过程。在回忆中灵魂逐渐苏醒,认知因此得以升华。故他的认知理论叫理念论。最能体现他这种观点的知识是数学与逻辑,它们都是概念化和形式化的。这个先验特征使它后来成了认知遗传说的先声。

二是近代英国哲学家洛克。他认为人脑天生像块白板,什么都没有。知识是后天经验在白板上打上去的印迹。学习是获得经验的过程。最能体现他这种观点的知识是经验知识如技术技能知识。做了就会,不做就不会。因此他的理论被称为白板说。这后来成了经验论的代表。理念说和白板说正好相反,在先天遗传和后天经验之间各执一端。

三是法国哲学家笛卡尔。他认为认知中既有先天成分也有后天成分,分别代表人的灵魂和肉体。但他不知道两者如何互动,也无法确定谁为主导,故其理论被称为二元论。

四是德国哲学家康德。康德本人是科学家,对牛顿力学的普适性与经验性有深刻认识。他认为在认知中,人是用先天的形式去整理后天的经

验,形成高度概括的普适性理论。最能表现这种观点的知识是牛顿力学这样的理论自然科学知识。这类知识既有高度抽象的形式,又有深厚的经验基础。康德把这种具有高度抽象形式又有深厚经验基础的命题称为“先天综合判断”。这个观点启发了皮亚杰。

从这些哲学遗产中可以看出,古代先哲们已经注意到,先天遗传和后天经验都会在认知中发挥作用。这些天才的猜测成了认知心理学和认知科学发展的重要基础。

但19世纪后期当心理学家们把科学方法引入认知研究时,学者们对什么是“科学的”研究方法产生了分歧。根据当时自然科学研究只应涉及可观察对象的原则,在心理学中只有行为是可观察的,而大脑的思维活动则是不可观察的。于是一批科学家,主要是美国科学家,把“可观察行为”作为“科学”心理学的基础。根据这个原则建立的心理学被称为“行为主义心理学”。恰好在同时,俄国心理学家巴甫洛夫对狗唾液分泌的研究为行为主义心理学提供了“刺激——反应”的研究范式,从此行为主义大盛,成了20世纪上半叶美国心理学研究的主流。但由于行为主义拒绝研究大脑内的认知活动,于是大脑便成了“黑箱”。后来的认知革命正是从打开大脑黑箱开始的,认知心理学和认知科学也由此诞生。

20世纪认知心理学的发展大体可分为三个阶段:格式塔心理学、皮亚杰认知心理学、当代认知心理学和认知科学。

格式塔心理学是20世纪初期由三位德国心理学家提出。他们发现,人脑天生有把有限信息整合为完整图景的倾向。例如,把墙上的几个点看成房子,把天上的一片云彩看成某种动物。还有根据已有认知模式修改实际经验的倾向,例如,把快速闪动的照片看成连续运动、把凹进去的面壳看成凸出来的人脸等。换言之,格式塔心理学发现,在认知中大脑不是在“客观地反映”感觉,而是在“主动地加工”经验。这个发现是革命性的!“格式塔”的德文意思是“完形”,故格式塔心理学又称“完形心理学”。其最重要贡献是发现,发现认知是人脑主动加工经验的过程。大脑根据有限信息“构建”完整图景、根据已有知识“调整”感觉经验,并认为这是人认知能力的表现。

随后是皮亚杰的认知发展阶段论。皮亚杰少年聪慧,11岁开始发表论文。据说少年时受其教

父影响而对康德认识论哲学发生浓厚兴趣。他21岁获得生物学博士后,他在巴黎内比特研究所研究儿童智力测量问题。他发现不同年龄儿童的智力状态不同。于是和妻子(也是他的学生)一起研究自己孩子的智力发展过程。他们共生了三个孩子,故研究得以不断深入。皮亚杰从1923年起开始发表儿童智力发展的论文,最终形成他的儿童智力发展阶段论。这奠定了他作为认知心理学和发展心理学创始者的学术地位。

皮亚杰在研究中发现,儿童智力发展在不同阶段的认知方式不同,构成不同发展阶段。皮亚杰认为儿童认知发展分为四个阶段:①0~2岁是感觉运动期,只能靠感官认识外部世界;②2~7岁是前运算期,能用表征符号来表征外部事物;③7~11岁是具体运算期,能根据具体经验进行思维;④11~16岁及以上是形式运算期,能用抽象逻辑进行思维。

认知图式(schema)是皮亚杰认知理论的一个关键。他认为人脑创造认知图式,并用它来组织和表征外部信息和经验。认知图式对外部信息有组织和选择作用。大量认知图式形成认知结构。人如何认识与应对外部环境,取决于他有何种认知结构。认知结构不同,认识结果和反应方式也不同。这些看法使他的理论非常接近康德的先验综合判断。

皮亚杰认为,认知图式与外部环境之间有两种互动方式。一是选择性吸收符合已有认知图式的信息,忽视、过滤或扭曲不符合的信息,结果是强化已有认知图式,这叫同化过程。二是发现不符合已有认知图式的外部信息时,改变已有认知图式以适应外部信息,这叫顺应过程。同化与顺应都是主体适应环境的方式,目的是使主体与环境之间达到平衡。同化和顺应是手段,保持平衡是目的。在连续不断的同化与顺应过程中,人的认知与认知能力得到发展。这就是皮亚杰的认知发展阶段论。

这个理论中包含两个部分:认知图式论和认知发展阶段论。这两个理论分别为认知心理学和发展心理学奠定了基础,因此皮亚杰成了这两个领域的奠基人^[2]。

今天皮亚杰的理论已为心理学界广泛接受。学者们根据新的研究发展出了更先进的认知理论。2015年出版的《儿童心理学与发展科学手册》(第7版)中,马斯科罗和费希尔(M. Mascolo

and K. Fischer)提出了一个发展模型(见图9)。他们把从出生到25岁人的认知发展分为四个阶段:①从0岁到3~4个月为生理反射阶段,从单个反射行为发展到局部性反射行为,再发展系统性反射行为,最后进入第二阶段——感觉运动阶段。②从3~4个月到1~2岁为感觉/运动行动阶段,大脑感觉运动皮层发展。小孩通过东跑西跳、东摸西摸来认识外部世界。也是从单个行为到局部行为,再到系统性行为,最后进入表征阶段。③从2岁到10~12岁为表征阶段。人开始会用各种符号如语言、图像、声音、符号、概念等符号来表征外部事物。这个阶段最重要的发展是语言、图像、声音、概念等表征符号的发展。人开始能用这些表征符号来表现、想象、思考外部世界。表征能力的发展使人可以同时依赖直接经验和间接经验,认知范围得以扩大。发展也是从单个行为到局部行为,再到系统行为。最后进入抽象阶段。④10~12岁到25岁为抽象阶段。表现为能进行抽象思考。抽象能力的发展使人不再仅仅依赖经验进行经验思维,还可以根据抽象理论进行抽象思维。从经验思维到抽象思维是思维的一大飞跃!发展也是从单个抽象到局部抽象,再到系统性抽象。最后是自己生成抽象原则。在这个过程中抽象思维能力不断提高。

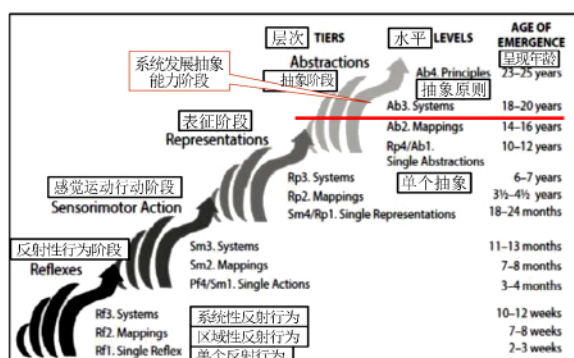


图9 认知发展的层次与水平

来源:引自《儿童心理学及发展科学手册》(第7版,2015年),第1卷,第122页^[8]。文字框是后加的。

显然,这个模型不仅更加具体和丰富,还把认知发展一直延伸到25岁,这些结论与对青春期大脑发展研究结果一致。尽管该模型更为先进,但皮亚杰的影响清晰可见。

值得注意的是,这个模型把18岁到25岁的发展进一步分为两个阶段:系统运用抽象原则阶段和自主生成抽象原则阶段。这与青春期大学生

发展研究的结果一致,即大学阶段,学生首先学会运用抽象原则思考,然后逐步形成自己的抽象原则,并以此指导行为。经过这两个发展阶段,大学生的理性思维能力将得到大幅度提高。美国大学生发展研究发现,受过大学教育和未受过大学教育的人相比,在抽象思维能力和理性思维能力方面,两者可以相差1~2个标准差。因此,当我们说大学培养“高水平人才”时,这个“高水平”应该是指经过大学教育后,大学生们普遍有了较高的理性思维和抽象思维能力。这也是大学教育对大学生发展的最主要的贡献。

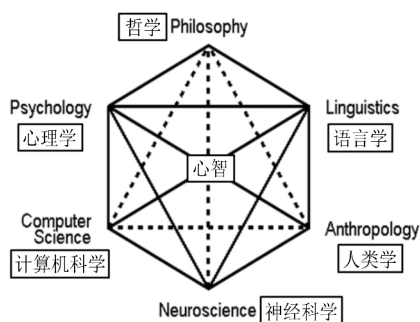
显然,脑科学、青春期大学生发展研究、发展心理学都认为,在18~25岁这个阶段,大脑发展的重点是抽象思维和理性思维能力。因此大学应当把发展大学生理性与理性思维能力,作为大学教学的主要任务。

之所以反复强调理性和理性思维能力发展,是因为目前很多高校迁就学生害怕理论学习的心理,以各种理由减少理论课分量,降低理论学习要求。然而,如果大学此时迁就学生,就可能让学生错过理性发展窗口期,使其智力不能得到充分发展。这个后果大学需要认真考虑。因此,此时即使学生不愿意、不主动,大学也要迫使他们学习和发展,因为这是大学对学生与社会的最终承诺!

第三是认知革命和认知科学阶段。^[4]20世纪上半叶行为主义心理学盛行于美国,认知心理学没有地位。但一些原本和心理学无关的学科如人工智能、语言学、科学哲学等开始关注认知问题。它们对认知的探索从外围打破了行为主义的一统天下。到了1960年代,学术界已经认识到,必须放弃行为主义教条,认真对待大脑中的认知活动。于是1970年《认知心理学》创刊、1978年认知科学诞生。这个变化史称“认知革命”。在这场革命中,认知研究进入认知科学阶段。

回顾这段历史是希望读者注意到,今天我们对人类认知的认识、对SC改革的坚持,不是一个孤立的事件,而是一系列学术领域发展和当代认知革命的结果。

美国著名认知心理学家米勒(G. Miller)2003年在回忆认知科学发展史时曾画过一张图(见图10),列出了六个对认知心理学有重要贡献的学科。图中实线表示当时已经建立的联系,虚线表示有待建立的联系。目前所有虚线都已经变成了实线。

图 10 认知科学发展趋势^[5]

首先是计算机科学。从古希腊起就有人提出,逻辑是人类的一种思维形式。毕达哥拉斯、亚里士多德、欧几里德等都为形式化逻辑做出过贡献。1854年英国数学家布尔提出,可以用“是”与“非”两个算子来进行逻辑运算,这后来被称为“布尔代数”。1936年英国数学家图灵提出,可以让机器模拟人的逻辑运算过程,建立了自动运算理论,这后来被称为“图灵机”。1938年在MIT读硕士的申农在其硕士论文中建议,可以用布尔代数来设计电子线路,实现布尔代数运算电子化,即可以用计算机进行逻辑运算。这篇论文因此被称为历史上最伟大的硕士论文。1942年美国麻省理工学院(MIT)建立辐射实验室研究雷达,该实验室接手了图灵在英国的密码破译工作。1943年图灵为此到MIT见到申农,告诉了他关于“图灵机”的设想。受图灵机思想启发,申农于1948年发表划时代论文《通讯的数学理论》,提出信息论概念。论文指出,可以把信息论用于分析自然语言和计算机语言,在两者之间建立起桥梁。当时同在MIT从事研究的维纳,因火炮控制问题提出“反馈”概念,创立了控制论,即利用反馈机制来修正行为和保持目标,以控制论为基础的自动控制理论由此诞生。

1950年代纽维尔(Allen Newell)接过上述思想,在兰德公司和卡内基梅隆大学继续努力。纽维尔本人是认知心理学家和计算机科学家,其终身学术愿望是研究“如何在物理世界中重现人类心智”,即用计算机方法再现人类心智。纽维尔从研究人类认知模式入手,发展出了模拟人类认知行为的SOAR结构和ACT-R结构,这两个结构至今对人工智能有重大影响。^[6]

此外他还和同事西蒙(Herbert Simon)合作研究专家系统。他们发现专家工作有特定行为模式:“如果出现A情况,则采用B方法”,即“if A,

then B”,这就是著名的“if—then”语句。如果对答案不太肯定,可用概率系数表示。故对任何一个专业领域,可先确定其典型问题或任务,然后找顶级专家提供答案,再用“if—then”语句连接起来,就构成了专家系统。这项工作意义重大,开启了人工智能的先河!

从布尔到西蒙,所有这些工作有一个共同点,即以人脑思维为对象,研究如何让机器模仿人脑思维,这就是所谓“人工智能”(AI)。然而,AI并不是研究人脑的所有思维,而是从基本和确定的形式化逻辑思维开始,逐步扩大到其他思维形式。由于AI是单点突破的,因此得以打开人类思维研究的大门。

AI的重要性在于,它是在传统心理学之外大规模研究人类思维的学术领域。它对逻辑思维进行模仿,并展现了巨大的工具价值和经济价值。这使得行为主义再也不能以“不可观察”为由来拒绝研究人类思维了。行为主义的一统天下由此被打破。

AI的另一大贡献是,为认知研究提供了一个研究范式和一整套术语——信息过程分析法。以前人们多把思维比喻成灵气或流体。但自从AI之后,信息系统分析法成了认知研究的主导表述方式。例如,把学习记忆过程表述为信息处理过程、把EF区调控功能表述为信息反馈与控制过程。在涉及人脑研究的心理学、哲学、脑科学、认知神经科学、人工智能等领域中均是如此。

然而,这个研究范式既可能帮助也可限制我们对认知的思考。例如,如何用信息过程方法来表示直觉如灵光闪现?有人建议把直觉理解为某种“短路”。这很有创意,但直觉的生理过程可能并非如此。

一个对认知革命做出重大贡献的领域是语言学^[7],MIT的语言学哲学家乔姆斯基扮演了主要角色。乔姆斯基认为,人的口语能力是长期进化的结果,人的有些口语功能是先天遗传的。他认为口语分表层结构和深层结构。表层结构是语法关系,即词的排列,这是语言的外在表现形式。深层结构是语义关系,即要表达的内容。深层结构通过某种转换规则生成表层结构。这些转换规则不直接决定词的排序,但决定排序的各种可能性,由此生成各种具体语言的语法。这个转换生成规则是先天预成的,是人类语言的共同规则。他把这套预成的生成转化规则称为“普遍语法”。由于

普遍语法在儿童学习口语之前就已经存在,因此它只能是先天预成的。

1957年他在《句法结构》一书中表述其思想,随后不断加以完善。乔姆斯基理论的新颖性在于,他认为大脑中存在预成的“普遍语法”,这个观点和柏拉图和康德关于认知中有先天成分起组织作用的想法一致,因此乔姆斯基被认为是唯理论哲学的当代传人。

然而恰在同一年,哈佛大学行为心理学家斯金纳发表《口语行为》一书。书中按行为主义的原则把口语习得解释为外部刺激和强化的过程。乔姆斯基认为这完全否定了语言学习的先天因素,没有看到儿童在口语学习中表现出的复杂性和创造性。此外他还认为,用动物实验中的刺激、反应、强化、习惯等术语来描述人类口语获得的做法完全不可接受。于是他对斯金纳的行为主义语言理论进行了严厉批判。他说斯金纳用观察行为的方法来研究语言,就好像用读米尺的方法来研究物理,完全忽视了大脑中发生的过程。“忽视大脑中发生的过程”是行为主义的根本缺陷!乔姆斯基的批评可谓一语中的。这个批判对行为主义的影响非常之大。行为主义从此一蹶不振,而关注大脑认知过程的认知主义则兴盛起来。因此有人认为是乔姆斯基开启了“认知革命”的先河。^[8]

尽管对乔姆斯基的理论仍有争议,但后来很多语言研究者如哈佛大学语言心理学家史蒂夫·平克(Steve Pinker)等都追随乔姆斯基^[9],开始关注与口语功能相关的脑区和神经网络,以及语言的遗传与进化特征。这些促成了语言心理学和语言生理学的诞生。^[10]

继人工智能和乔姆斯基之后的第三位革命性人物是哈佛大学科学哲学家库恩,他于1962年发表了著名著作《科学革命的结构》。本研究第一篇《论新三中心:概念与历史》(载《高等工程教育研究》2016年第3期)一文中对这段历史已有说明,故不在此赘述。这里只指出两点:①库恩是受格式塔心理学和皮亚杰心理学的启发,才提出了他的范式理论;②这本革命性的著作改变了当时学术界的实证主义文化氛围,为认知革命的发展奠定了社会文化基础。

从1960年代起认知研究开始活跃起来。出现了一大批认知研究的新学科,如认知心理学、认知神经学、语言心理学、语言生理学、认知模型论、计算语言学等。米勒说他早在1956年就意识到,

要以认知为中心,组织多学科合作研究。1977年他说服斯隆基金会资助心智的跨学科研究。他为斯隆基金会准备了一份题为“1978年认知科学发展状况”的报告,这份报告被认为标志着认知科学的诞生。

进入1980年代,计算机科学迅猛发展,引发信息革命;而无损伤脑成像技术发展引发脑科学革命。二者在“脑与认知”主题上与认知科学汇合,共同开拓“心智”这片“最后的未知疆土”。如今国际学术界与工业界普遍认为,脑与认知将是第四次工业革命的主要引爆点,为此世界各国都增加了对AI的投入并初见成效。简言之,如今脑和认知已经成了把握当代知识与社会进步脉搏的钥匙,而不再仅仅是帮助大学教师做好教学的业务话题。

然而,这些进步对大学教学的影响却相当有限。大多数教师似乎并不了解这些知识进步,大学教学依然故我、因循踟蹰循旧缓行。结果是,尽管大学的学术研究已经跨入21世纪,但大学的教学却还在19世纪的窠臼中徘徊。当代大学在学术研究和教学活动之间的脱节,也反映在大学教师们的二元分裂状态上,即在专业学术研究中采用科学方法,但在教学研究中却采用经验态度。这种二元分裂状态让人颇为费解。

以上是20世纪认知革命的简要发展历史,下面介绍认知模型论及其意义。

2. 认知模型论及其意义。

人如何思维(thinking)?这不仅是认知心理学的核心问题,也是理解人如何学习、如何培养学生思维能力的核心问题。认知模型论是在研究“人如何思维”这个问题时提出来的一个理论,因此这个理论为理解学习与学习过程提供了很好的科学基础。^[11]

思维包括推理、分类、判断、决策、假设检验、问题解决、创造性等^[12],其中推理(reasoning)是基础,包括演绎、归纳、归因(abduction)三大推理。传统认为,大脑是直接运用逻辑法则来进行思维和推理的。但美国认知心理学家、普林斯顿大学教授拉尔德(P. Johnson-Laird)发现,人脑不是通过直接运用逻辑规则来思维和推理的。大脑是首先建构与外部世界对应的认知模型(mental models),然后用认知模型来进行推理。这就是认知模型论。尽管目前这个理论仍是假说,但已经得到了很多经验研究的支持,并对当代思维研究

和实践产生了巨大影响。

认知模型论认为,大脑要认识外部世界,但其本身并不能直接接触外部世界,因此大脑只能通过构建认知模型来认知、想象和表现外部世界,用认知模型来进行分析和推理,对外部世界做出预测,然后根据预测做出决定,并据此与外部世界互动。这很像建筑师用建筑模型来表征真实建筑,并用建筑模型来分析和思考其设计的合理性。同样,物理学家的原子模型、化学家的分子模型、生物学家的 DNA 模型、地理学家的地质构造和大气环流模型、社会学家的社会分层与阶级斗争模型、心理学家的需求模型、经济学家的供求模型、哲学家的理论体系、文艺家的文学构思、美术家的艺术想象等等,都是对外部世界的认识和想象,也是不同类型的认知模型。也就是说,各种概念、形象(image)、图式(schema)、框架、流程、模式、理论体系等,都不过是大脑构建的不同认知模型而已。换言之,认知模型是大脑为认知和思考而创造的一种心理工具。这就把“认知模型”放到了认知研究的中心地位。

由此出发,从大脑如何构建认知模型、如何用认知模型做分析和推理、如何保持和改变认知模型等问题出发,研究者们用认知模型论还解释了大量与人类认知行为有关的行为,如观察与分类、判断与决策、创造性与思维惯性、认知模式与认知错误、直觉思维与专注思维、问题发现与问题解决、决策与管理、组织学习与组织变迁、文化与社会性学习等。这些研究为认知神经科学、脑科学、行为经济学、决策理论、组织心理学、计算心理学与计算哲学、人机互动、人工智能、类脑研究、学习心理学、专家研究等领域提供了新思路。换言之,认知模型论更新了对人类认知的传统认识,使我们可以在新的基础上思考人类认知与学习。

人脑为什么会用认知模型来认知和表征外部世界呢?目前学界对此尚无定论。目前比较一致的看法是,这与工作记忆容量以及注意力资源有限相关。人脑在工作记忆中进行思维操作。工作记忆类似于电脑内存,但其容量只有 3~4 个信息单元,故每次能处理的信息单元有限。此外,人脑的注意力资源也很有限。在进行专注思维(deliberated thinking)时,人脑只能处理一个注意对象,即“一心不可二用”。^[13]这些生理限制使得大脑必须采取符号化的形式来认识和表征外部世界,而且每次只能专注一个模型,然后通过模型拼接的

方式来逐步扩大。研究已经发现,思考中涉及的模型数量越多,难度越大,错误率也越高。换言之,由于生理限制,人脑只能采取简化、符号、分解、整合等方法来克服困难,而简化、符号、分解、整合的对象和工具就是认知模型。^[14]

这个例子表明,对大脑生理限制和工作过程的研究,可能会根本性地改变我们对人类认知能力和认知结果的看法,从而使认知研究从哲学走向科学。

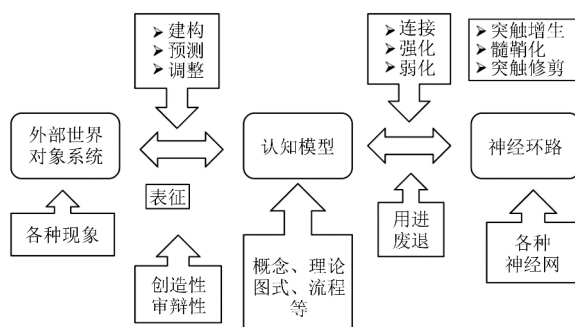


图 11 大脑认知过程示意图

图 11 是根据认知模型论做的一个大脑认知过程示意图。图中有三个部分:外部世界(对象系统)、认知模型、神经环路。外部世界与认知模型之间是认知心理过程;认知模型和神经环路之间是认知神经生理过程。神经环路指大脑神经元之间形成的有特定功能的稳定的神经网络。把认知心理学与认知神经科学放在一起,是为了显示两者在认知过程中的关系。

首先看认知心理学部分。认知模型建构包括四个环节:表征、模型构建、预测与决策、验证与修改。首先是表征。表征指大脑用概念、形象、数字、符号、声响等来表示和象征外部世界。为了降低工作记忆负担,大脑只提取对象的典型特征,并以符号方式表示,因此认知模型是符号性的(iconic)。这个发现对计算机图像识别研究有重大影响,后来图像识别技术也采用类似方法。其次是人脑通过认知模型来表现外部世界,并对不同对象系统建构不同认知模型。认知模型与对象系统之间存在拓扑对应关系。这意味着人机之间可以认知模型互动,这个发现对人工智能产生了重大影响。从此 AI 普遍使用模型方法模仿人脑,并把认知模型作为人/机互动的的基础。脑与电脑相互模拟,成了脑与类脑研究的基本方法。^[15]第三,表征具有稳定性,但可随时修改。判断表征的标准是简洁性和有效性,好的表征能简明有效地

表征对象系统。这说明了为什么学者们常常会为寻找适当的术语或符号而大动脑筋。

表征不仅是认知模型的一部分,整个认知模型都可以看成是对象系统的表征。因此通过表征符号的把握和使用可以了解人对认知模型的理解和掌握,通过语言交流可以判断其专业水平和能力。从这个角度看,语言不仅是符号和声音,更是认知模型的表征和表现。没说清楚的地方通常是没想清楚,因此要求学生说清楚就培养了他们的思维能力。

由此可以理解,为什么在乔治·库总结的十大美国优秀本科教学经验中,“密集写作”被列为第三位。所谓“密集写作”,是指在大学四年中,要求学生以不同形式(口头、书面、表演)、以不同方法(定性型、定量、混合)、在不同层次(大学四年)、为不同读者(老师、学生、公众)、用不同风格、从不同学科角度、跨不同专业领域、反复不断地交流和写作。^[16]

若因此,所有大学课程都应当把专业语言和交流作为培养大学生专业能力的重要方法。以此观之,中国很多高校把大学生语言培养仅仅看成是语文课和外语课的任务、普遍不重视专业课程的表达与交流训练的现象,值得反思。

其次是认知模型构建。构建认知模型是大脑认识和理解外部世界的方式,也是学习与创造的过程。把构建认知模型理解为创造过程,是理解“创造性”的关键。因为创造能力的核心,是新认知模型构建,因此培养创造能力的要点是训练大脑构建认知模型。

大脑根据知觉、知识、经验和理解,运用想象、猜测和推理等方法来建立模型。建构过程中直觉、想象、逻辑都可能发挥作用,其中直觉与想象至关重要。

关于直觉、想象和逻辑,爱因斯坦说过三段话:“想象远比知识重要。因知识有限而想象无限,它包含一切,是人类进化的源泉”;“真正有价值的是直觉。在探索的道路上智力的作用不大”;“创新不是由逻辑思维带来的,尽管最后需要一个符合逻辑的结构”。^[17]这三段话分别说明了直觉、想象、逻辑三者在知识创造中的作用。直觉和想象引领创造,逻辑则用来检验和固化结果。或如胡适说,“大胆假设,小心求证”。

认知模型论提示我们,如果把古往今来的各种理论或思想都看成是认知模型,看成是人脑对

外部世界的想象和猜测,而不是不可触碰的“绝对真理”,那心灵就会获得一种解放,一种可以和前人一样去想象去猜测的自由和冲动!也就是说,真正妨碍创造性的不是“真理”,而是对“真理”不正确的想象!

具体到本科教学,大学中教授的各种理论、概念框架、分析模式等都是认知模型,这些认知模型代表着人对特定对象系统的认识和看法。所谓专业知识(domain knowledge),都是根据某些基本原理构建起来的认知框架。一个人脑中所有认知模型的总和,便是他的全部内心世界(internal world)。也就是说,人脑或心智(mind)实际上是生活在自己构建的认知模型世界或精神世界之中的。这个模型世界代表他对外部世界的认识,既赋予他特定的知识和能力,也限制着他的认知能力和行动能力。因此,能否构建出正确而适当的认知模型,对人一生的发展至关重要。

由于认知模型决定大脑如何感知和应对外部世界,因此有不同认知模型的人,有不同的认识方式和活动方式。在大学里,受过不同专业教育的人有不同的思维方式、使用不同的语言、表现出不同的行为方式。这种差异之大,以致文理工等不同学科的人甚至不能彼此相互理解和有效交流,出现“隔行如隔山”的现象。这都是因为他们的专业认知模式在其大脑中造成了不同的世界,形成了各个专业特有的思维、语言和活动方式,造就了不同的“人”(mind)。

以此观之,什么是大学教学呢?大学教学就是帮助学生在头脑中构建特定的专业认知模型。“学”是学生在自己头脑中构建认知模型,“教”是老师帮助学生构建认知模型。小到一门课,大到一个专业,均是如此。显然,学生只能自己构建这些模型;其他无论什么人,都不能越俎代庖只能是帮助者。因此教学必须以学生为中心,老师只能是帮助者,越俎代庖是行不通的。这是建构主义心理学的核心思想,也是为什么建构主义心理学会成为 SC 改革的基础的原因之所在。教学的核心是“学”而不是“教”,所以这就是为什么教学必须是“以学生为中心”的。

然而,人很容易构建不完善甚至错误的认知模型。研究发现人有两种思维状态:直觉思维和专注思维(见表3)。由于种种原因,人在构建认知模型时,倾向于使用方便快捷的直觉方式而不愿采用耗时费力的专注方式。人的这种思维惰性

显然和专注思维要消耗大量精力而大脑不愿投入资源有关。

表 3 直觉思维系统与专注思维系统^[18]

直觉系统(intuitive system)	专注系统(deliberative system)
结果有意识,但过程无意识	同时关注思考的过程与结果
自发自动	全神贯注
由相似性和关联性驱动	由结构化的系统知识驱动
快且并行	缓慢、依次进行
与工作记忆容量有关,与一般智力无关	同时涉及一般智力和工作记忆容量

人在大多数时间是用随意的直觉思维方式,对此要有清醒认识。比如当老师上课时,不要以为学生都会在认真听讲。这就是为什么尽管你在课堂上讲的都一样,但却会得到五花八门的结果。如果你想让他们专心致志,一个好办法是,挑战他们,让他们自己去找答案!

其实不仅是学生难以长时间保持注意,老师也是如此。研究表明,学生专注注意时间大约是5—15分钟。超过了这个时间学生就会开小差。因此及时变换教学内容和形式,创造教学的节奏感,让学生大脑皮层可以轮换休息,是一个有效的教学法。

然而直觉状态并非总是坏事。直觉和想象也是创造的源泉,而且它们常在精神松弛时来访。阿基米德在泡澡时猜出浮力原理,凯库勒在睡梦中想到苯环。研究表明,有效的思维不是非此即彼,而是在两者之间的互动与转换。掌握好两种思维之间的关系,对学习和创造都至关重要。

皮亚杰就已经发现,人在面对诸多信息时会倾向于选择支持性信息而忽视不一致信息。这被称为“偏好倾向性偏见”(preferential bias)。偏好倾向性偏见使人倾向于围绕已有认知模型来组织经验和知识。固执己见而不自知,就是指这种情况。然而,偏好倾向性偏见会使人丧失客观性。

研究还发现人有思维惯性。在构建认知模型时只要没有发现反例,就赋予其普适形式。这种倾向使人忽视认知模型建构时的背景条件(context),从而把有限结论推广到无限范围。这就是所谓的“思维惯性”。

直觉思维、偏好倾向性偏见、思维惯性等都可能导致不完善甚至错误的认知模型,因而会导致决策错误。这些研究对决策、组织和管理研究产生了重要影响。

如何克服这些缺陷?美国大学的实践表明,

帮助学生克服这类问题的一个有效办法是组织课堂讨论和合作项目。通过讨论和合作,让学生们的认知框架彼此碰撞、相互质疑、相互矫正。在讨论和合作中,学生们可以学会从不同角度看待自己和他人的模型,并调整和修正自己的模型,从而扩大认识范围,建立正确的认知模型。哈佛大学物理学教授马祖(Eric Mazur)发明的“同伴互教法”就是这类方法之一。密西根大学教授、大学教学法专家麦肯奇在总结大学教学方法时也指出,同学互教互学是最好的教学方法之一。这些将在实践与方法部分讨论。

其三是预测与决策。大脑用认知模型来做分析和预测,并与外部世界互动。这个过程就是推理、预测与决策过程。显然,一个人积累的认知模型的数量、系统性和完备性对其推理、预测和决策有重大影响。专家研究表明,专家水平的差异主要取决于其所积累的认知模型的数量、质量、系统性和完备性。积累的认知模型使专家能明察秋毫、高速有效地解决问题。

然而,任何模型都代表一种相对固定的思维方式或思维定势,也都有自己独特的视角和盲区。认知模型决定着大脑观察什么、忽视什么、如何推理、如何决策,并限制观察和思考的视野、角度和逻辑。也就是说,不存在完全理性和客观的思维。

认知模型有助于思维的定向化和专门化,但却是以偏见和盲区为代价的。同理,若把思维的固化叫做结晶化(crystallization),把思维的灵活性就叫做流动性(fluidity),那么,就会发现,思维结晶化有助于提高思维效率,但却是以牺牲流动性和创造性为代价的。这些成果对经济学、决策科学、组织心理学、管理学、政策科学等学科产生了重大影响。

由于认知不可能是完全理性和客观的,因此传统经济学中关于理性人的假设是错的,行为经济学由此诞生。任何决策都基于特定认知模型,认知模型对决策的影响成了决策研究的新增长点。研究发现,很多重大决策失误都与认知模型的偏好与盲区有关。例如对切尔诺贝利核电站事故的事后调查发现,出现原有安全模式未曾预料的情况,是导致现场指挥人员未能及时妥善处置,从而造成这场重大灾难的主要原因。任何组织都有其特定心理模式,因此推动组织变革首先应改变组织现有认知模式。这是彼得·圣吉在“第五项修炼”中的核心思想。提出“组织心理模式”被

认为是组织研究中里程碑式的成就。公共政策与管理研究也发现,很多政策与管理的失误和低效与政策制定者或管理者对自己的决策认知模式缺少反思有关,因此世界银行在《2015年世界发展报告:思维、社会与行为》中把自觉反思政策的认知模型,作为培训发展研究人员、改进公共政策制定工作的基本方法。^[19]

这些结论似乎对美国大学教学也产生了影响。美国的SC改革中出现了诸如“跳出框架外思考”(thinking out of box)、多学科与跨学科学习、合作学习与交叉学习、多元学习环境建设、通识教育或非专业性学习等方法。这些都旨在矫正固定认知模式的负面效果。与此同时,发展健全心智、提倡审辨式思维(critical thinking)等,成了SC改革中的重要口号。

简言之,认知模型论深化了关于推理、预测与决策的研究,促进了我们对人类认知行为的认识。

其四是检验与修改。根据认知模型论,大脑需要认知模型与外部世界保持一致,因此需要通过实践来检验模型的真实性和有效性。大脑会根据反馈结果来调整和修改模型。

然而,实践检验模型的真实性的一个复杂的问题。关于实践是否能帮助大脑得出关于真实性的判断,在哲学和心理学上都众说纷纭。故皮亚杰回避了这个问题,只说检验的目的在于在内外世界之间建立平衡。拉尔德发现,大脑只保留被认为可能为真的模型,而不保留被证伪的模型,他把这称为认知模型的“真理性原则”(principle of truth)。^[20]

大脑为什么要保持主观与客观世界的一致性呢?持进化论观点的认知心理学家们认为,是为了提高人的生存概率和生活质量,这也是人为什么需要大脑、需要理性的原因。

与此有关的一个改革是“以真实为基础的学习”(reality-based learning, RBL)。这里“真实”可以是真实项目、真实活动、真实场景等等。RBL代表一大类SC改革实践,这些将在实践与方法部分介绍。有关文献表明,RBL出现和人们希望缩短大学与社会、学习与就业之间的距离有关。但从认知模型论角度看,RBL给学生在真实条件下检验其认知模型的机会。

另一个贡献是对教育评价和评估的重视,尤其是由美国学者古帕(E. Guba)和林肯(Y. Lincoln)于1989年提出的第四代教育评价模型。这

个模型要改变以前单纯追求客观性、主要为管理者服务的教育评价模式,代之以强调为学生多元化发展、学习改进、促进开放性学习。在第四代模型中,开放性、多元化、形成性等方法被放到了中心地位。

学生学了一个专业后,其行为应该发生怎样的变化呢?可以用三种方式来检查:①表征。即学生是否能用相应的专业术语和方式来有效表达其头脑中的专业认知模型。②逻辑。他是否明白专业认知模型的逻辑。③真实性。他是否能用这个模型来分析和解决实际问题。换言之,检查表征的简明性和有效性、逻辑的合理性、结果的真实性和可靠性。如果学生能做到这些,他的大学教育就成功了;反之,这个大学就白读了。

最后是创造性思维和审辨性思维。先说明一下为什么本文用“审辨式思维”而不用“批判性思维”。把“critical thinking”译为“批判性思维”似乎是受德国古典哲学的影响,尤其是康德著名的三大批判。但以康德为代表的德国古典哲学使用这个词的目的,是为了把以“理性”为特点的科学知识和方法从以“信仰”为特点的神学知识和方法中区别出来。德国古典哲学从来没有打算否定神学体系,而只是要把两者区别开来,尤其是在“理性”和“信仰”意义上区别开来。因此这种区别工作很像《中庸》中所说的“审问之、慎思之、明辨之”。故该词可译为“审辨”。本来译成“批判”未尝不可,且有先例可援,但文化大革命给这个词蒙上了一层阴影:“批判”即“否定”。这层意思可是“critical thinking”这个词所没有的!从思想史上看,“critical thinking”可以意味着“怀疑”,但绝不意味着“否定”。其本义是让人“思考”而非代人“判断”。但“否定”这层含义已经明确是判断了。故在这种语境下,把“critical thinking”译成“审辨式思维”可能更接近该词本意,且不会引起任何歧义。

根据认知模型论,所有认知模型都人脑之创造,因此“创造”是认知模型建构的应有之义。然而如前所述,直觉思维中的直觉、想象、根据相似性和相关性产生的联系可能导致认知错误,因此需要在认知模型建立后对其进行详审。这种审查包括表征的简明性和有效性、逻辑的合理性、结果的真实性和可靠性。这些工作加在一起便是“审辨式思维”。也就是说,创造和审辨是认知模型论中的应有之义。而且它们是认知模型建构中的两

个阶段,而不是互不相关的两件事。

因此,从发展学生的思维能力角度看,创造性思维和审辨性思维培养是必需的。但是,两种思维能力的培养不应被孤立起来,而应该结合起来,成为认知模型建构过程的两个阶段。而且,两种能力的培养还应和课程与专业学习结合,使它们成为课程与专业学习的一部分。也就是说,所有专业和课程学习都有培养学生创造能力和审辨能力的任务。只有把它们放到真实的认知实践活动中,才可能真正系统、全面、持久地培养这两种能力。孤立、分散、与认知实践脱节的培养方式,可能是低效甚至失败的。

关于图 11 后半部分认知神经科学部分,在脑科学和神经科学部分已有说明,故不赘述。这里只强调一点,根据认知神经科学我们已经知道,在认知模型建构过程中,大脑会发展出相应的神经环路,以支持认知模型建构。也就是说,认知的心理过程和认知神经生理过程是相伴相生、同步进行的。认知心理过程完成了,认知神经生理过程也就随之完成了。如果学生在学习中没有建起相应的专业认知模型,其大脑也不会得到相应发展。如果教学促进了学生的认知发展,也就促进了他的大脑发展。这是为什么“新三中心”的第一条是:“以学生发展为中心”。这里“发展”特指心智(mind)和大脑(brain)两方面的发展。

最后简要介绍一下认知模型论的发展史。认知模型论的核心观点是,大脑通过构建认知模型来认知、想象和表现外部世界,用认知模型来进行分析和推理,对外部世界做出预测和决策,并藉此与外部世界互动。

然而,大脑创造图式来认知和表现外部世界并非新意。古希腊哲学家柏拉图就提出过这种想法。近代美国哲学家皮尔斯(C. Peirce)和奥地利德国哲学家维特根斯坦(L. J. Wittgenstein)都提出过类似想法。但在心理学界,最早提出这种看法的是格式塔心理学和皮亚杰认知心理学,它们都指出人脑有根据不完全信息构建认知图式或模型的倾向与能力。受皮亚杰图式思想启发,苏格兰心理学家克拉克(Kenneth Craik)于 1943 年首次提出“心智模型”一词,并指出大脑构建认知模型的目的是为了进行推理和预测。这个看法发展了皮亚杰的理论。

然而克拉克不幸英年早逝(1945),他的思想也就很快被忘记了。直到 1970 年代认知革命爆

发人们才重新注意他的理论。从 1970 年代起,普林斯顿大学教授、认知心理学家拉尔德(P. Johnson Laird)接手研究克拉克“认知模型”的思想,并把认知模型与语言、推理、意识、决策、预测、情绪等心理活动联系起来,建立了认知模型论。1983 年他发表了《心智模式》一书^[21],该书被认为是认知模型理论的奠基之作。^[22]

尔后拉尔德继续其研究工作,希望建立能覆盖人类所有认知功能的通用认知模型。他继承了纽维尔的工作传统,从事认知心理学方面的研究,并致力于相关计算模型研究。他领导了 SOAR 系统的开发,这些研究在认知机器人和军事方面有广泛运用。

拉尔德的心智模型论确实是一个富有启发性的理论框架,对认知心理学、认知神经科学、脑科学、行为经济学、决策理论、组织心理学等很多领域产生了重大影响。^[23]1980 年至今以“认知模型”为主题词的研究已多达 41000 多篇;而文中包含“认知模型”一词的论文更是多达 121 万余篇。

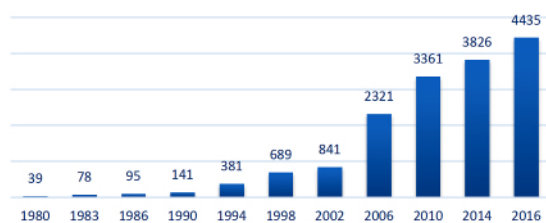


图 12 UCLA 馆藏文献中 1980 年至 2016 年以“心智模式”为主题词发表的学术文献

从图 12 可知,认知模型论在经过早期缓慢发展后,在 2000 年左右出现快速增长。认知模型论在很多领域都得到应用,其学术地位得到认可。拉尔德因此入选英国皇家学会、英国科学院、美国艺术与科学学院,并于 2007 年成为美国科学院院士。^[24]

2000 年后欧洲也开始大力推动 SC 改革。2010 年 OECD 组织了一批专家从各个角度研究学习,发表了题为“学习的本质”的研究报告。这份报告中施耐德和斯丁从认知科学的角度,总结了有关学习的十个主要发现和建议:① 学习在本质上是由学习者主动完成的;② 教学中要关注学生已有知识所起的作用;③ 学习需要不同知识的结构整合起来;④ 保持概念、技巧和元认知能力之间的平衡可以使学习效果最大化;⑤ 从基础概念开始按层级构建知识结构;⑥ 可用外部世界的结构来构建头脑中的知识结构;⑦ 人的信息处理

能力约制其学习能力;⑧学习是情绪、动机、认知三者间的互动;⑨应发展出可迁移的知识结构;⑩学习需要时间和努力。^[25]其中可以清楚看到认知模型论的影响。

以上是关于认知模型论的简要介绍,下面介绍专家/新手研究。

3. 专家/新手研究。

大学教育是专业教育,大学教育的基本任务是把学生培养成专家。专家/新手研究是通过对比专家和新手的过程,来为大学专业与课程设计和培养过程设计提供依据。专家/新手研究在美国 SC 改革中起了特殊作用,因此值得介绍。

2006年出版的《剑桥专长与专家行为手册》是这个领域的重要文献之一。^[26]该书汇集了从心理学、人工智能、教育、社会学四个角度对专家及专家行为的研究。本节主要参考这份文献。

专家研究已有上百年历史。近代可溯源于弗朗西斯·高尔顿1869年发表的《遗传的天才》。高尔顿是维多利亚时期的著名学者,他在心理学、统计学、社会学、人类学等方面均有建树。“相关性”概念就是他提出来的。他也是第一位用统计学来研究人类差异性的学者。他发现很多在专业领域中有卓越表现的人有家族传承特点,故认为这与遗传有关。然而遗传是不可学习的,因此没有教育意义。后来把关注因遗传而卓越的研究称为“天才研究”,而把关注因学习而卓越的人的研究称为“专家研究”。因此专家研究有教育意义。

当代专家研究起源于计算机专家系统和人工智能研究。为了研究专家系统,AI学者开始研究顶级专家的知识组织方式和专业活动方式。他们发现,专家的知识组织使用方式与新手有很大差别,而正因如此使之成为专家。这个发现促使教育学者们进入专家研究领域,希望从专家/新手研究中找到改进专业教学的思路和途径。

在更大范围内引起人们注意专家/新手研究的是2000年发表的《人是如何学习的》。该书专章介绍了专家与新手研究。指出专家与新手之间的差别包括:①专家能识别出新手注意不到的信息特征和有意义的信息模式。②专家有大量内容知识,他们组织这些知识的方式反映了他们对学科的理解深度。③专家的知识不是孤立的事实或命题,而与知识应用的情景有关,是情景相关的。④专家能自如地从自己的知识中提取所需

内容。⑤专家熟悉自己的领域,但不一定能教会他人。⑥专家应对新情况的方法灵活多样。

这些看法的教育意义在于:①专家与新手之间存在认知模式差异。正是这些差异使专家成为专家。②专家之间认知模式的差别反映了他们专业水平的差别。③专家知识是情景相关的,因此应当考虑在专业情境下进行专业知识学习。知识与情景无关的假定需要反思。④专家在处理问题时能自如提取相关知识,说明他们头脑中存有现成认知模式。因此他们一旦确定问题的性质与类型,就能迅速提取相关认知模式,形成解决方案。这些模式都是专家在平时研究中逐渐积累起来的。正如棋类专家的经常性工作不是下棋,而是“打谱”。专家需要积累大量认知模式,这是专家成长的关键。⑤“专家天生会教书”的假设是错误的。因为教学也是一个专业领域,需要熟知人类认知与学习的特点和规律,需要积累学生的问题及相应解决方案,需要积累大量相关心智模式。这些构成教学的专业知识。学科专业和教学专业是两类不同专业,彼此不能相互取代。⑥能以灵活方式应对新情况、开拓新领域,是专家能力的一个重要指标。专家的这种知识迁移能力和新学习能力被称为“适应性专长”(adaptive expertise),这种学习被称为适应性学习(adaptive learning)。这两种能力都需要终身学习。^[27]

专家/新手研究对大学教学改革有特殊意义。首先,类似逆向工程制造,专家/新手研究是从终端开始,以终为始。以终端为参照,从终端开始,可以清楚知道需要什么、为何需要、何时需要、各部分如何配合等,目标不易在过程中丢失。这对专业设计尤其重要。是按专业知识体系还是按最终培养目标来设计,是专业设计中的两种不同思路。目前大学专业设计多以专业知识体系来设计,而专家/新手研究提供了另一种专业设计思路。

其次,专业/新手研究也关心起点,把从起点到终点看成一个发展过程。专家/新手研究关注新手的初始状态,把从新手到专家的发展分为五个阶段:生手、熟手、能手、专家、大师。研究发现,在这个发展过程中,新手在专业认知(cognition)、专业兴趣(interest)、基本能力(competency)、熟练程度(proficiency)、专长(expertise)等五个维度上会依次发生变化;同时在专业构成(component)、专业视角(perspective)、专业决定(decision

making)、职业承诺(commitment)等四个方面也会依次发生变化;此外在专业组织中的角色,也会经历从边缘、支持、中心到独立活动的发展。这种发展阶段论的观察方法,值得大学专业教育设计注意。

大学当然不可能在四年内把学生培养成大师,但应该为他们今后成为大师打下基础。那这些基础包括什么、应当如何设计、从哪里开始、彼此如何衔接等,这些问题都可以在专家/新手研究中获得启发。

第三,专家成长研究发现了活动、经验、情境的重要性。专业知识和专业经验是在活动中逐渐积累起来的,活动和经验是专家成长的基础。此外还发现,典型专业任务(typical tasks)和专业情景(professional context)在专家培养和成长中至关重要。因此主张围绕典型任务、在专业情景中进行培养。同时在学习过程中要高度重视观察与模仿的重要性,这是传统学徒制的重要特征。研究还指出,在强调专业知识、专业经验、典型任务、专业情景的同时,还要尽可能培养学生的对知识经验的概括与迁移能力。要不断用新任务来挑战学生,发展他们把已有知识和经验用于解决新问题的能力。

简言之,专家/新手研究为大学专业设计和培养提供了新思路,值得大学专业教学改革者注意。对那些专家培养特点明显的专业,用这种思路来重新思考专业培养方案和培养过程,可能会明显提高专业培养质量。

最后值得一提的是元认知思想。20世纪认知革命以及认知科学发展提高了人们对认知行为的认识,促使人们对自己的认知行为与学习活动进行自觉反思,希望通过这种自觉反思来了解和改善自己的认知与学习,这就是元认知思想。元认知思想也对SC改革产生了重要影响。

从上述介绍可以看出,认知心理学和认知科学在过去60年里已经发生了革命性的变化,并对很多与认知有关的学术领域都产生了重大影响。目前这些影响还在继续扩大,因此有人建议把未来20年称为“脑与认知”的时代。这就是我们今天所处的时代。以此为背景,下面介绍学习心理学和学习科学的发展,并探讨它们对SC改革的意义。

四、了解学习——学习心理学和学习科学

第四个对SC改革有重大影响的领域是学习

研究,主要包括学习心理学和学习科学。前者是关于人类学习的心理学研究,后者主要是学习支持研究,即在学习研究基础上,研究如何利用各种技术设计出能支持学生有效学习的环境。因此前者是基础研究,后者是学习环境设计与支持性技术研究。

在1980年代以前,学习研究还主要是学习心理学的事。但近三十年来,随着大脑与心智研究变成当代学术发展的主要领域之后,脑科学、神经科学、认知心理学、认知科学、人工智能、认知哲学、人类学、社会学等学科,也都把学习当作重点研究领域。从以上三部分的介绍中可以看出,这些领域的进步已经对学习研究产生了巨大影响。然而有意思的是,面对这些“外来势力”的入侵,学习心理学的反应似乎迟缓。在经典的学习心理学教科书中,介绍的相关理论多是1980年代以前提出来的,其后的重大成就很少。

与此相反,学习科学领域的进步却日新月异、引人注目。在计算机科学和信息革命支撑下,围绕学习环境设计和支持有效学习两个主题,产生了很多新思想、新理论、新方法和新技术。目前这个领域如火如荼,关于未来教育发展的大部分设想和预测,都来自这个领域,值得专章介绍。故本节只介绍学习科学的基本立场和主要思想,而把有关的设计思想与技术进步留到“技术与环境”部分介绍。

1. 学习心理学。

20世纪初至今的百年来,教育研究领域最大变化莫过于主张把教学的重点从“教”转到“学”,让学生发展、学生学习、学习效果成为教育教学活动的中心。行为主义、格式塔心理学、认知心理学、建构主义心理学、社会建构主义心理学、发展心理学等六个学派都对这个转变做出了重要贡献。^[28]

行为主义学派的代表人物是桑代克和斯金纳。该学派在1900年至1950年有很大影响。如前所述,行为主义为了追求研究的科学性,坚持把可观察性作为研究标准,故把行为作为唯一可接受的研究对象,反对把不可观察的心理活动纳入研究范围,故被称为行为主义学派。与此同时,受俄国科学家巴甫洛夫关于狗唾液分泌研究的影响,行为主义学派把操作性刺激作为手段,把“刺激——反应”作为基本研究模式,研究动物的各种习得行为。在行为主义者看来,学习就是外部环

境刺激下行为的习得、强化与联接。桑代克认为建立刺激与反应之间的关联是研究学习的关键,因此他的学习理论被称为“连接主义”。他还发现重复刺激可以强化学习效果。从神经科学角度看,这是因为外部刺激促使大脑中形成相应神经环路,重复的神经刺激会导致髓鞘化,结果是神经环路及反应模式得到巩固,反应速度加快。后来斯金纳主张把复杂学习行为分解成简单的刺激/反应模式,然后把这些简单反应模式以合理的方式组织起来,实现程序化。他认为这是一种可以大大提高学习的效果和效率的科学方法。为此他创造了“学习科学”这个术语。然而,由于行为主义忽视了学习过程中大脑中实际发生的认知行为,结果在后来的认知革命中失势。但是,桑代克“重复会强化学习效果”的发现,对大学教学设计仍有重要意义。

前面已经介绍过格式塔心理学派和认知心理学,故不赘述。这里只是指出,格式塔心理学关注大脑能根据有限信息构造完整图式的能力,因此反对行为主义者把学习分解为片段的做法。认知心理学关注心智内部认知过程和知识的组织与结构,因此把学习理解为知识建构过程和信息处理过程。由于20世纪上半叶行为主义在美国占据主流地位,因此格式塔心理学和认知心理学先在欧洲发展起来,并最终影响美国。

了解了认知心理学的基本情况,再看建构主义心理学就容易很多。建构主义心理学派也和皮亚杰有关。皮亚杰认为在认知中,人创造认知图式和认知模型来表征外部世界,通过同化与顺应来调整认知模型,以达到和外部世界的平衡。经过1960年代的认知革命后,大脑主动建构的特点被突出出来,形成建构主义。在建构主义看来,人不是被动的接受信息者,而是自己知识的主动建构者,并在学习过程中重组自己的认知结构。也就是说,对建构主义者来说,学习不是被动的知识获取过程,而是学习者主动的知识建构过程。这个思想是革命性的。正是这个思想,对SC改革产生了重要影响。甚至可以说,建构主义学习理论是SC改革的直接理论基础。此外,建构主义也把学习者的责任感和主动性放在空前重要的地位,学习者的动机和自律成了有效学习的闸门。研究发现,学习者的动机与情绪对学习过程和学习效果有重大影响。因此动机与情绪对学习的影响,成了SC教学改革的重大问题。

第五个对SC改革有重大影响的领域是社会建构主义。社会建构主义与前苏联心理学家维果斯基有关。维果斯基生于1896年,因肺结核死于1934年,仅38岁。他的青年时期正值苏联十月革命时期,而且他在38岁就去世了。在大学读书期间,他除了学习心理学和教师教育外,还学习了医学、哲学、历史和法律等。他接受了辩证唯物主义思想,认为文化社会环境对人的心智发展有重要影响。他强调人与社会环境之间的辩证关系对人的学习和发展有决定性作用。这构成了他社会建构主义的思想。

其主要观点包括:① 社会交互至关重要,知识是在社会性互动中构建的;② 人通过社会交互中的行为内化(发展内部表征)和心理运作来发展自我调节能力;③ 人是通过学习语言、符号等文化工具来发展的;④ 语言是最重要的工具。语言发展是从社会语言发展到内部语言,再到隐语言。^[29]

然而,这位才华横溢的心理学家1934年因肺结核去世。他的英年早逝使这位才华横溢的心理学家理论很快就被忘记了。直到1960年代认知革命爆发,欧美学术界才重新注意到他的理论。1978年他的文章被结集翻译出版,其思想才比较全面地被西方学术界了解,并产生了重要影响,最终形成了社会建构主义学派。^[30]

社会建构主义学派对SC改革的影响主要有三个方面:① 社会与文化是学习的资源。语言与社会文化知识是学习的对象和资源。在进化中大脑发展出了专门的语言功能区和语言学习模块。作为表征的语言对心智发展极为重要。掌握相关语言是发展相关心智能力的关键。因此,语言是观察心智能力发展的一个可靠指标。② 人在社会中通过社会互动进行学习。为此大脑发展出专门的镜像神经元系统,负责人与人之间的理解、学习与模仿。社会互动学习是交互式学习、合作学习、团队学习等学习理论的基础。③ 学习的情景性。学习是在社会场景中进行的,学习是学习者和社会场景之间的互动,因此学习效果受到社会场景的影响。根据这个思想,学习的情景化与有效学习环境设计的重要性被突显出来。设计能满足所有学习者的有效学习环境,是学习科学的主要领域。

维果斯基还提出了“最近发展区”概念。他把最近发展区定义为“实际发展水平和潜在发展水

平之间的差”。前者由学生能独立解决问题的能力决定,而后者由在老师或他人帮助下能解决问题的能力决定。因此,学习被定义为学生在老师指导和他人帮助下通过最近发展区,把发展潜力变成实际能力的过程。

最近发展区理论为 SC 改革中的一系列重要概念和实践提供了基础:① 交互式学习。学习是在师生之间、生生之间、师徒之间的交互性活动。在交互中学生学习建构自己的认知模型、发展解决问题能力。② “学习脚手架”。老师指导或他人帮助是学生学习的“脚手架”(scaffolding)。“脚手架”这个术语的好处是,它指在学生需要时,为其提供及时而适当的帮助。没有这种帮助,学生会遇到学习困难。但“脚手架”还指这些指导和帮助都是临时辅助性的。一旦学生学会,脚手架就要被拆除,以便让学生独立发展。③ “适度挑战”,即“学生跳一跳就能拿到”。如果无论如何都学不会,就不在最近发展区了。据此有人根据学生的学习感受划三个同心圆,从内向外分别称为舒适区、发展区和恐怖区。学生能独立完成学习任务时他在舒适区;学生无论如何都不能学会时他在恐怖区;两者之间就是最近发展区。教学的任务是把学生从舒适区带到发展区,但别送到恐怖区。

最后是发展心理学。发展心理学的主要思想是,人的认知不是先天固定的,而是会出现发展性变化。有人认为这种发展性变化没有明显的阶段性,如布鲁纳;也有人认为有明显的阶段性,如皮亚杰。目前后者是主流观点(见图 9)。

根据发展阶段论,每个特定年龄段都有其特定的发展任务,特定发展任务约制着学习与发展的内容与方式。学什么、和谁学、在哪学、为什么学、如何学等,都与发展阶段任务有关。例如,青春期大脑发展的特点是前额叶成熟、理性思维能力增强,因此青年最好到大学接受教育,通过大学学习和校园生活,最大限度地发掘自己的潜力。而大学教育的重要任务则是,通过各种课程的学习,帮助大学生建立起专业、社会、人生等领域中的基本认知框架。在他们学习理论知识的过程中,培养学生的理性和理性思维能力,使他们为未来的成人生活做好准备。由于青春期大学生在身体、情绪、心智等方面都达到顶峰,因此可以承受较高强度的学习和训练。大学可以给学生较大的挑战,以激发他们的发展潜力,如此等等。

在综述了学习心理学百年发展后,OECD 专家组的德科特(E. de Corte)总结了促进学生有效学习的六个要素:① 学习是学生的知识建构;② 学习需要学生自律;③ 学习是情景相关的;④ 学习是合作的;⑤ 学习是积累性的;⑥ 要关注学生的个体差异。^[31]

但我认为还应该加上两个:① 学习是活动。应设计一系列活动让学生动起来,通过活动促进学生有效学习。② 学习是经验。学习是学生与环境之间的经验互动。在互动经验中,学生得以构建认知模型,培养思维与专业能力。

把这八个要素按重要性排序,应该是:知识建构、自律、活动学习、经验性、情景相关、合作学习、积累性、个体差异。从这八个角度进行课程设计和教学,可以促进学生有效学习。

2. 学习科学。

学习科学(learning sciences, LS)是由一批致力于“利用知识和技术改进教育”的研究者和实践者群体联合创立的。1983 年美国西北大学建立第一个学习科学博士点,1988 年创办第一个学习科学研究所,1991 年创办了研究期刊《学习科学》,2002 年成立国际学习科学协会(ISLS)。2006 年出版和 2014 年再版的《剑桥学习科学手册》是学习科学协会主编的一个主要的基础读物。

据 ISLS 统计,目前该协会成员所属专业领域包括:人类学、人工智能、认知科学、计算机科学、教育科学、信息科学、语言学(主要是社会语言学与计算语言学)、神经科学、组织科学与系统科学、哲学、心理学(主要是教育心理学和社会心理学)、社会学等。显然,学习科学的研究领域已经超越了学习心理学的范围,成为一个着重强调以设计和技术来促进教育改进的多学科研究领域。

根据《剑桥学习科学手册》(第二版)主编索耶(K. Sawyer)的看法,学习科学有两个主要发展方向:① 关于人如何以独立和合作的方式学习、各种社会与组织环境如何能有效促进学习的基础研究;② 如何利用信息与交流技术(ICT)以及计算机支持条件下的合作学习(CSCL)技术,通过设计新的学习环境来促进有效学习。^[32]前者属于基础研究,后者属于实践研究。

作为一个学术群体,学习科学更感兴趣后者,即如何运用技术和设计来创造有效的学习环境。因此索耶在第二版序言中干脆称学习科学是一个“设计科学”(design science),一个关于“如何把学

习科学用于设计出更加效的学习环境”的研究领域。由此可见“学习科学”的学术倾向性。

事实上这个定位非常独到且极富生命力。尤其在当今信息革命大潮支撑下,如何利用设计与技术手段,创造出“以学生为中心”的、能帮助学生更有效学习的学习环境,确实构成了一个既有学术价值又有商业价值的重要领域。目前很多商业公司都在这个领域大笔投入,希望未来能在教育大市场上攻城略地。也因此,在所有关于学习的研究领域中,学习科学是思想最活跃、资源最丰富、发展最迅速的领域。当前很多关于未来教育发展的预测与设想,都来自这个领域。从目前的发展看,有理由相信,在信息技术革命和人工智能革命支持下,学习科学领域的发展会很大程度上改变目前高等教育的业态。因此有必要专门介绍。故这里仅简要介绍其基本立场和思路,而把技术性发展留到“技术与环境”部分介绍。

学习科学有四个基本假设:①学习是学习者的自我知识建构,学习必须由学习者自己完成。在这个过程中,其他所有因素都只能起辅助作用。②学习是学习者与学习环境之间的互动。包括老师在内的所有一切,都应被看成学习环境的一部分。③学习是脑适应环境的基本方法,大脑随时随地都在适应性学习。学校学习只是学习经验的一部分,校外学习和非正式学习也都是学习的重要组成部分。④学习是在互动中实现的,社会文化因素和学习情境对学习至关重要。

学习科学还认为,学习科学应该和工程科学一样,要有明确的研究目标、在真实环境中研究、其效果要可以评估、结果能大规模应用。在研究中要遵循“问题——设计——实施——评估——再设计”的循环。然后反复迭代,直到达成目标。索耶把这称为学习科学的“工程取向”。据此,为学习而设计(design for learning)成了学习科学方法论的基本原则。

在这些假设下,如何围绕学生学习,设计和营造出能帮助学习者有效学习的学习环境,就成了学习科学研究的中心问题。研究包括两类:①围绕“人是如何学习的”这个基本问题进行的基础研究;②以“能有效促进学习并能大规模推广的学习环境设计和教育技术发明”为中心,组织应用研究。根据索耶的看法,学习环境设计和有效技术支持是学习科学研究者特别关心的问题。显然,学习科学可以合理地称他们是“以学生为中

心”的,因为他们的工作模型是把学习者放在学习环境的中心。

还值得一提的是索耶对学习心理学、教育心理学、学习科学三者的看法。索耶认为,学习科学与前二者有根本的不同,因为:①学习心理学和教育心理学研究主要是为了生产理论而不是改进实践,但学习科学完全是以改进实践为目标的。②学习心理学和教育心理学之间经常彼此怀疑,很少相互合作,但学习科学强调不同学科之间的合作与协同。^[33]索耶的这个看法很有意思,一是它说出了目前学习心理学和教育心理学界在欧美的分裂状态,二是它部分解释了为什么知识界对认知与学习的研究突飞猛进,但对学校实践的影响却非常有限。希望类似情况不要在中国上演。

三是为“学习而设计”(design for learning)。在当代学习科学研究和现代技术条件支撑下,设计出能促进学生有效学习的学习环境,这确实是一个非常刺激想象力和创造力的问题。“为学习而设计”或“设计学习”成了学习科学的有力口号!这个口号把“设计”概念变成了学习科学方法论的核心,必然对学习环境设计研究产生重要影响。

但这个思想似乎是受斯坦福大学教授、著名设计专家凯利(David Kelley)的思想影响,是凯利的“通用设计”思想在学习科学领域中的应用。

凯利是苹果公司的主要产品设计师,参与过苹果公司很多产品的设计。他提出了一个设计理念。他认为设计不是是一个工作,而是一种思维方式,是一种以人为中心的、通过创造来解决实际问题的思维方式。设计思维可以用于任何以问题解决为目标的领域中去。因此,他认为应该把设计从工程领域中解放出来,用于所有领域。他把这个思想称为“通用设计”(universal design)理念。他还总结了一套通用设计模式,包括五个步骤:发现客户需求、界定要解决的问题、寻找解决思路、形成解决方案、效果测试。然后不断迭代修改,直到满意为止。

1980年在乔布斯的支持下,凯利到斯坦福大学创办了斯坦福设计学院(D School),在那里用他的思想和方法培养各色人等以设计方式解决问题。此后他的通用设计思想开始风靡美国。这个思想显然影响了学习科学。2006年首版时,《剑桥学习科学手册》还没有把“设计”作为主要重点,但到2014年第二版时,“设计学习”已经成了学习科学的核心特征。这个变化反映了学习科学十年

来的主要变化。通用设计思想和学习环境设计等内容,将在“技术与环境”部分讨论。

总之,当代学习科学研究发展迅速、成果丰硕。学习科学已经向我们展现了一幅令人激动的蓝图。所有研究都表明,我们正在迈入一个技术革命和学习革命的新时代。正如中国学习科学研究的拓荒者、华东师范大学教授高文所说,“当今世界正面临着一场‘学习的革命’,我们将彻底改革几个世纪以来人们习以为常的、旧的、传统的教育观念和教学模式,创造出一种在真正意义上尊重人的主体性、激发人的创造性、相信并注意开发人的潜力、促进人与人交际合作的崭新的教育观念和学习模式”。^[34]

五、简要总结

本文简要描绘了我认为对 SC 改革有重要贡献和价值的四个领域的知识进步的情况,包括脑科学与神经科学、青春期大学生发展研究、认知心理学与认知科学、学习心理学与学习科学。在此基础上,还探讨了它们对 SC 改革的贡献和意义。

如本文开头所说,本文不是系统完整的文献综述,而只是一个知识地图。其目的是希望读者可以了解这些领域的大体发展情况,建立起全局观,能以更开阔的新视野来看待当前的这场大学教学改革。而希望深究者,则可根据本文提供的文献做深入研读。

但我确实希望,本文能使读者认识到,目前的这场 SC 改革确有其深厚的科学基础,是近百年来众多科学领域知识进步的结果,而不是某些人的心血来潮。并希望读者能坚定信心,大力支持、参与和推动这场改革。二是希望读者能体会到,我们确实处在一个新时代。这个时代已经可以为实施 SC 改革提供必要的知识与技术条件。希望读者能在本文指引下,结合自己的工作环境和作实践,深入研究,并用研究成果指导自己的改革实践。三是希望读者能真正感受到,目前这场改革确实关乎国运。如果我们希望中国在知识经济时代的国际竞争中胜出,那就要尽快实施“以学生为中心”的本科教学改革,尽快改变传统教学模式,培养出“会学习、会思考、能解决问题、有创新能力”的一代新人!或如杜威所说,“用昨天的办法教今天的学生,就毁掉了他们的明天!”

前面两篇文章分别讨论 SC 改革的概念、历史和科学基础,后面三篇文章将分别讨论 SC 改革的实践与方法、技术与环境、评价与评估。

参 考 文 献

- [1] 这部分内容主要参考了 P. Thagard, (2014), “Cognitive Science”, Stanford Encyclopedia of Philosophy <https://plato.stanford.edu/>; W. Bechtel et al, (2001), “Cognitive Science: History”. International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences, 2154-2158.
- [2] B. R 赫根汉,《学习理论导论》(2005),第 11 章皮亚杰,上海教育出版社 2011 年版。
- [3] R. Lerner (Editor in Chief), Handbook of Child Psychology and Developmental Science. (7th edition), 2015, Vol. 1, Chapter 4, John Wiley & Sons.
- [4] 这段历史主要参考了 G. Miller (March, 2003), “The cognitive revolution: a historical perspective”, Trends in Cognitive Sciences. V. 7. N. 3. 141-144.; Thagard. Paul, (Jul. 11, 2014) “Cognitive Science”. In Stanford Encyclopedia of Philosophy.; W. Bechtel, et al. (2001), Cognitive Science: History. In International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences. 2154-2158.
- [5] G. Miller (March, 2003), “the cognitive revolution: a historical perspective, Trends in Cognitive Sciences. V. 7. N. 3. 141-144.
- [6] 曾毅等:《类脑智能研究的回顾与展望》,《计算机学报》2016 年第 1 期。
- [7] 这里主要依靠 R. Barsky, “Noam Chomsky”, in International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences, 2nd edition, 26-30, 20.
- [8] 还有一种观点认为,是乔姆斯基和心理学家米勒((George Miller)、布鲁纳(Jerome Bruner)等三人共同发动了这场认知革命。参见由 Michael Hotchkiss 撰写的“米勒教授逝世”的讣告。2012 年 7 月 26 日,普林斯顿大学网站。
- [9] 关于当代语言生理学和语言心理学的当代发展,参考哈佛语言心理学家平克的著作如《语言本能》、《思维本质》等。
- [10] 参见脑科学和认知神经科学中关于人类语言功能的研究。
- [11] 本文中“认知模型”即是“心智模型”。用“认知模型”替代“心智模型”(mental models),仅为行文方便。
- [12] I Linden J. Ball, “Thinking”. In H. Pashler (chief-edited) “Encyclopedia of the Mind”, vol. 2, 739-742. 2014, Sage Publications, Inc.
- [13] Nelson Cowan, “Working Memory”. In H. Pashler (chief-edited) “Encyclopedia of the Mind”, vol. 2, 786-791. 2014, Sage Publications, Inc.
- [14] P. Johnson-Laird, “what are mental models”, 普林斯顿大学认知模型与推理实验室网站。www.mentalmodels.princeton.edu.
- [15] 参考 2012 年阿兰脑科学研究所做的关于大脑科学的 12 个讲座。还可参见:曾毅等,《类脑智能研究的回顾与展望》,

- 《计算机学报》2016年第1期。
- [16] George D. Kuh, High-Impact Educational Practices: What They Are, Who Has Access to Them, and Why They Matter, 2008, AAC&U.
- [17] 爱因斯坦名言录. 维基语录(wikiquote.org)。
- [18] S. Sloman & A. Darlow, "Two System Models of Reasoning". In H. Pashler (chief-edited) "Encyclopedia of the Mind", vol. 2, 745-748. 2014, Sage Publications, Inc. 还可参见丹尼尔·卡尼曼《思考,快与慢》,2012年,中信出版社。该书主要讨论了人们的直觉偏见(intuitive bias)对决策行为的影响。作者因此而获2002年诺贝尔经济学奖。值得注意的是,卡尼曼和拉尔德都在普林斯顿大学心理学系工作,而且都研究认知与思维问题。
- [19] 世界银行《2015年世界发展报告:思维、社会与行为》。2015年,清华大学出版社。
- [20] P. Johnson-Laird, "what are mental models", 普林斯顿大学认知模型与推理实验室网站。www.mentalmodels.princeton.edu。
- [21] P. John-Lairds, (1983), Mental Models: Toward a cognitive science of language, inference and consciousness. Harvard University Press.
- [22] P. N. Johnson-Lairds, (2004) The History of mental models. <http://mentalmodels.princeton.edu/publications/>
- [23] 对计算机科学的影响,参见保罗·萨伽德的《心智:认知科学导论》,2012年,上海辞书出版社。对脑科学的影响,参见保罗·萨伽德的 "How Brains make Mental Models". In Magnani et al (Edited), Model-based Reasoning in Science and Technology. SCI 314. 447-461. Springerlink.com. Chris Fisher 的《心智的构造》,华东师范大学出版社2012年版。
- [24] Farooq Ahmed, "Profile of Philip N. Johnson-Laird", vol. 108, no. 50. 19862-19864。这是美国科学院对拉尔德的介绍。
- [25] M. Schneider and E. Stern (2010), The Cognitive on learning: ten cornerstone finding. In H. Dumont et al (edit.) The Nature of Learning: Using Research to Inspire Practice. OECD Published Report.
- [26] K. Anders Ericsson et al. (2006), The Cambridge Handbook of Expertise and Expert Performance. Cambridge University Press.
- [27] 布兰思福特等,《人是如何学习的》第2章,华东师大出版社2012年版。
- [28] 这里主要参考了 E. de Corte, (2010), "Historical development in the understanding of learning", in H. Dumont et al (edited), The nature of learning. 2010, OECD publication; D. Philips & J. Soltis (2009), Perspectives on Learning. 5th edition, Teacher College, Columbia University; 戴尔·申克《学习理论》(第6版),华东师大出版社2012年版。
- [29] 戴尔·申克《学习理论》(第6版),华东师大出版社2012年版,第236页。
- [30] 关于维果斯基,参见《维果斯基教育论著选》,人民教育出版社2005年版。
- [31] E. de Corte, (2010), "Historical development in the understanding of learning", in H. Dumont et al (edited), The nature of learning. 2010, OECD publication.
- [32] 参见该学会的使命声明(ISLS mission statement),2017年3月14日。www.isls.org/abc.
- [33] K. Sawyer, The Cambridge Handbook of the Learning Sciences (2nd), 21-23, 2014, Cambridge University Press.
- [34] 高文:《学会学习和学习策略》,《外国教育资料》2000年第1期第48页。

Open the Blackbox: The Scientific Foundation of Undergraduate Learning and Development (Part 1)

——A Series of Study of the SC Undergraduate Education Reform in the USA (2)

Zhao Juming

This article is the second in a series of studies of the "student-centeredness" (SC) undergraduate educational reform in the USA. It addresses the scientific foundation of the reform. The author suggested that the foundation consists of four parts: brain science and neurosciences, studies of emerging adulthood and undergraduate development, cognitive psychology and cognitive sciences, learning psychology and learning sciences, expressed as knowing brain, knowing student, knowing cognition, and knowing learning. Limited by length, the article is splitted into two parts. Part 1 focuses on brain science and neurosciences and emerging adulthood and undergraduate development. This is Part 2.

【Keywords】cognitive psychology; cognitive sciences; learning psychology; learning sciences; undergraduate education; student-centeredness; pedagogical transformation in college