

学习科学与科学教育的共同演进

——与国际学习科学学会前主席马西娅·林教授对话

本刊特约记者 裴新宁

[摘要] 马西娅·林(Marcia C. Linn)是美国加州伯克利大学教育研究生院教授、美国教育科学院院士,曾任美国科学促进会教育分会主席、国际学习科学学会主席。她提出了知识整合理论并领导开发了技术增强的学习环境平台——基于网络的科学探究环境(WISE)。2010-2017年间,她多次到访华东师范大学,就如何将学习科学理论与科学教育实践相结合及利用技术促进儿童的科学理解,与华东师范大学学习科学研究中心开展合作。期间,笔者与马西娅·林就学习科学的诞生与发展、与科学教育及其变革的关系等进行了交流。我们交流的共识让笔者深信,技术时代的科学教育需以学习科学为基础。学习科学因教育实践而生、为教育实践而荣,并扎根实践,服务于教育变革。



毫无疑问,学校的成功变革需要基于学习的本质。伦敦举办的2018国际学习科学会议(ICLS2018)将主题定为“重新思考数字时代的学习——赋予学习科学重要使命”(Rethinking learning in the digital age: making the Learning Sciences count),重申了学习科学的不可替代性。会议强调,面对工作场所及教育中的人工智能与自动化,我们必须重新思考学生究竟需要学什么、教师究竟该如何教。会议号召,科学家、教育研究者和实践者要通过跨学科的方式联合探索真实世界中的学习问题,理解究竟怎样可以促进学习。会议明确,重视学习科学是为了给教育技术商业化以切实引导,确保其在教育中的良好发展。本文整理出部分对话与读者分享,期望对我国教育变革研究与实践有所启发。文章的主要观点是:学习科学与科学教育是共同演进的。学习科学的诞生和研究推进很大程度缘起于科学教育发展的需要;美国科学教育发展的百年历程显示了学习研究的范式转型;利用系统化的技术设计增强科学学习,是促进深度学习和提升科学教育质量的重要途径。面对教育创新的种种问题,我们应重视学习科学,特别是要促进教育技术的良好应用。

[关键词] 学习科学;科学教育;教育技术;教育创新

[中图分类号] G442 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1007-2179(2018)04-0004-09

记者:林教授,您作为认知与发展研究专家和国际学习科学学会前主席,领导开展了众多科学教育创新项目,在全美乃至全球产生了重要影响,您本人也获得了“科学教育终身成就奖”等。许多

人认为您是科学教育研究的领军者。在您看来,科学教育和学习科学是怎样的关系?

林教授:很多人问过类似的问题。比如,你是研究学习科学的,还是研究科学教育的?学习科学作

[收稿日期] 2018-04-14 **[修回日期]** 2018-06-28 **[DOI编码]** 10.13966/j.cnki.kfjyyj.2018.04.001

[基金项目] 2017年度教育部人文社会科学研究规划基金项目“课堂对话的视频分析研究”(17YJA880109)。

[作者简介] 裴新宁,教授,博士生导师,华东师范大学教师教育学院,华东师范大学学习科学研究中心共同主任,研究方向:学习科学、科学教育、课程与教学设计(xnpei@kex.ecnu.edu.cn)。

[致谢] 感谢郑大年博士、赵健博士、金莺莲博士、肖思汉博士、王美博士、吴开天老师和一线参与教师为合作项目付出大量的努力,感谢合作单位上海市闵行区教育学院为项目开展提供的有力支持。感谢金莺莲博士协助校对全文。

为跨学科领域,其使命在于揭示有效学习的认知和社会过程,以设计促进有效学习的环境。研究人员来自与学习研究有关的团队,如认知科学、教育心理学、教育研究、人类学、计算机科学等;教育团队中许多研究者来自科学教育领域。不同学科的研究者彼此合作,生产出关于学习的新认识以及学习研究的新方法和新思路(Sawyer, 2014:3)。在今天这一变革时代,如果家长、学校或教师、技术人员乃至决策人不了解学习科学,可能还会诉诸“授受主义”(instructionism)或“吸入取向”(absorption),那么改革就不会前进。研究者也意识到,在既有研究里很难对学习复杂性研究取得突破。建立学习科学,就是要破除这种“箱隔化”藩篱,形成新的跨学科的研究范式。

学习科学的诞生和研究很大程度缘起并依赖于科学教育。首先,科学教育的变革和发展困境提出了建立学习科学的需求。我们看到,许多广为流传的传统学习理论,已无力解释今天学校科学学习和教学的有效性问题。其次,科学教育为新学科的发展提供了实验土壤。跨学科的建立,需要有跨学科的研究问题、研究方法和理论建构。罗杰·香克(Roger Shank)、罗伊·皮(Roy Pea)、阿兰·柯林斯(Allan Collins)等学习科学的奠基者(他们是早期的人工智能专家或认知科学家),深入研究了影响自然科学学习的复杂因素,发展出新理论及计算机化的理论模型,为科学教育作出了重要贡献,他们自然也被认为是科学教育的学者。要知道,在许多学习科学家看来,科学教育的持续改进是关于学习的事业(learning enterprise)(Pea et al., 2008)。新的学习理论往往是先在科学教育中运用并对科学教育产生影响,比如深度学习理论倡导理解为先,提出围绕少量的科学“大概念”组织科学课程。美国 K-12 科学教育新框架(NRC, 2012)充分体现了这一原则,吸纳了学习科学家关于科学领域专家知识模型和真实性实践的研究成果。新框架的核心研制队伍不仅有科学内容专家,还包括多位学习科学家。

需提及的是,学习研究成果的迅速积累和科学教育掀起的新热潮,得益于信息技术的发展。美国面向 21 世纪关键能力培养学习模式的构建,是学习科学与信息技术合力激发的(U. S. Department of Education, 2010, 2017)。理想的结果是,根据学习

机制让不同学习者都获得必备的知能,然而这对学校教育构成了巨大挑战,同时许多教育技术还未正确地用于教育新发展。这需要通过跨学科合作,弥合现实鸿沟。

记者:深度学习、基于“大概念”的课程组织已成为众多发达国家科学教育设计的基本原则,也深入到教学、评价和教师培养等方面。中国正在研制的科学教育指南框架,也借鉴了“大概念”的思想,但研究和实践遇到了困难,同仁们一直在寻找适应学习复杂性的解释和研究方法。当我们不满足于已有的学科研究而试图诉诸新学科范式时,自然考虑到“边界”问题。学习科学与认知科学、教育心理学等密切关联,但它们的研究范畴侧重不同,研究方法及证据的尺度规格亦不同。比如,关于推理的研究,认知科学或认知心理学可以基于以秒到小时为单位的数据,所用方法通常是要素取向的(Sawyer, 2014:27);而学生在教育实践场景中很少能靠几分钟或一两节课获得基础性知能,嵌于社会文化背景的学习变化至少是以“月”乃至“年”来衡量的,需要持续的干预和系统分析方法。在知识研究方面,认知心理学侧重于知识的分类或模型建构(比如,陈述性知识、程序性知识、智慧策略等)。针对“概念”的习得,心理学家努力建构概念学习的一般模型和针对一般学习策略的归纳。这些理论成果对确立课程内容是有启发的,但对教学的作用十分有限。这些研究的关注点在于要素性变量的控制及其结果,而非揭示和解读知识学习的内隐变化过程和对过程的多次影响。

林教授:是的。这些学习研究的结论,到了学习以复杂性整体表现的教育场景中,其说服力往往就减弱了。比如,在真实世界中,科学概念并非通过简单的教授习得,而是通过学习者的自我“转变”而进阶,需要学习过程的多次迭代甚至持续干预。学习者已有观念不同,往往有不同的学习困境和需要不同的教学。如果教学未真正建立在学习者已有理解的基础上,那么追求学与教共同规律的一般概念知识模型对特定学科的教学实践就很难奏效。因而,局限在心理学范围研究概念学习等命题,就缺少了真实性。“概念转变”在实践中才是个真问题,且学

生的概念学习依赖于已有观念与新概念之间的相互影响。正如我们所见,国际上围绕着对这种相互影响的解释,形成了概念转变研究的多个流派,大家主要致力于识别不同概念所对应的学习进阶,并直接服务于面向能力发展的课程和评价标准的研制,成为学习科学重要的组成部分。多数概念转变研究关注的是自然科学的主要概念(如能量、力、遗传等)。儿童学习科学概念的过程反映了人类对科学的认识历程,文化特别是语言(中介工具)对科学概念的理解有直接影响。概念理解一直是科学素养的核心,改进科学教育质量显然必须清楚学习的复杂性。

这里需要注意学习与发展的领域特殊性和领域一般性问题。过去,我们认为所有学科的教学都应遵从某一共同的认知规律(比如,皮亚杰儿童认知阶段说),期望信息类型与认知结构之间是直接对应关系。实际上,认知发展的研究极为丰富,往往被忽略的重要发现是,学习者的意图性(intentions)而非其“限制性”(constrains, 皮亚杰术语)影响了他们观念库的多样性和复杂性。学习科学家通过对不同领域的专家知识、创造力和迁移的整合研究揭示,领域特殊性的发展对人的学习的影响非常大,领域一般性发展(比如,迁移力)以领域特殊性研究为基础。事实性知识或程序性知识,只有人们准确知道它用在什么情境以及在新情境中如何加以修正时,才是有效的,即需要成为可迁移的知识。也就是说,理解性学习才是迁移的条件。当然,这种迁移性、理解性学习是耗时的,要花时间训练学习者的模式识别技能并使其获得对未来结果进行预测的知识(即深层知识)(布兰思福特等, 2013: 58)。这样的领域特殊学习训练具有一般意义,是为迁移而准备的。不同内容及话题的学习有其自身特点,我们需要充分重视领域特殊情境的学习。

记者:对于领域特殊性问题,您能否结合科学教育研究做些展开? 比如,美国科学教育研究是怎样发展的? 不同时期的研究主题有哪些?

林教授:科技的进步与学习科学的发展,带动美国科学教育得以重建,使其从分立走向整合,指导提高全体美国人的科学素养,其中对青少年科学学习的关注不仅在校内也包括校外,以培养他们一生从事科学学习的能力。审视美国科学教育研究的百年

历程(Linn et al., 2016),我们可以从时间轴和研究聚焦两方面展开。

首先,从时间轴上可以将美国科学教育研究分为四个阶段:第一阶段,从1916年到1960年,标志为从杜威倡导探究学习,到美国启动对Sputnik(“苏联卫星上天”事件)的应对。期间,不同领域(如心理学、物理学、化学、生物学、工程学以及心理测验)开展了与科学教育有关的“探究”研究。第二阶段,从1960年到1980年,包括从资助新课程材料研发(回应Sputnik),到成立认知科学学会(Cognitive Science Society),科学教育研究主要围绕运用布鲁纳(1960)“螺旋式课程”的思想编制课程材料(教材),学科专家与科学教育研究人员互动,评估新课程项目并与教师一起落实新教材。第三阶段,从1980年至1995年,从个人电脑的出现和人口多样化,到第一次与科学教育有关的国际测验(Third International Mathematics and Science Study)。这15年中,科学教育的学者联合起来并吸引技术、职业发展和社会学等领域的专家加盟,共同解决教育方面的挑战。响应美国科学基金会(NSF)“关注劳动力多样化”的号召,科学教育研究集中研究如何满足多样化学习者的需要,建设基于标准的课程。第四阶段是1995年迄今,美国科学基金会资助成立了一系列科学教育中心,学习科学研究成果不断涌现,不同学科及理论观点的融合日渐普遍。科学教育研究者整合了来自语言和文化等领域的洞见,拓宽了对科学教育境脉的认识,开始兼顾校外学习机会。

记者:美国科学教育变革一直是世界科学教育发展的风向标。随着一些主题的提出或重现,科学教育的本质不断被重新表述,刷新着人们对科学教育的理解。在您看来,美国科学教育研究百年来变化的实质是什么? 或者说,变化表象的背后发生了什么?

林教授:这个问题可以从多个视角分析,比如学习者、科学知识本质、教师观和技术进步等。无论从哪个角度,我们都会发现,关键的线索是,这些阶段伴随着人们对学习理解的深刻变化。下面从“学习者的研究”角度透视科学教育研究百年变迁中来自学习研究的影响。

起初,心理学家从记忆的角度研究个体学习,但

这些心理学成果对科学课程设计影响甚微。尽管如此,美国的教师培养计划仍要求重视行为主义心理学课程,重视评估学生对细节的回忆。Sputnik 的发射激发了科学学科专家与心理学家及学校科学教师的互动。二十世纪八十年代,这些互动逐步转化为彼此的合作。要说的是,新的美国科学基金会资助计划要求学科专家和科学教育人员(包括一线实践者)之间必须建立合作。基于这些合作,科学推理研究取得突破,发现并确认了科学推理与领域知识之间的依赖关系。从以往心理学家对情境无涉的逻辑推理要素识别及单变量影响研究,到强调学生从事真实科学任务时的科学推理过程研究,走向对现实实践的关注。其中,大量实证研究集中于学生对概念的理解。新的推理研究重在探查领域知识与推理过程的关系,尤其关注空间推理和认知负荷等问题。这个时期取得了一些重要发现,比如学生关于某科学主题的先前知识对其学习有重要作用,但仅有先前知识不能让学生建立假设,还必须结合推理解决问题;缺乏情境知识可能阻碍学生尝试解决需要专业知识任务(复杂性问题解决);“组合推理”逻辑策略的获得可以受益于教学和发展。这些成果逐步为科学教学研究所接纳。

不过,直到二十世纪九十年代,科学教育的学习者模型仍主要来自心理学实验室而非真实的课堂研究。期间,一些使用新的研究方法的课堂研究展现了富有意义的成果,揭示了学习境脉(learning context)的重要性。例如,有研究让学生相信,运动的物体在现实世界中会慢下来,但在物理教室会继续运动,直到受到外力作用的阻碍。诸如此类的研究打破了常年来科学教育的结果不过“仅存于教室中的科学”的魔咒(林等, 2016: 36),增进了学生对科学的一致性理解,把对学习和教学有共同兴趣的心理学、社会学、技术、教育和设计等领域的研究者以及学校教师和管理者聚集起来。同时,社会文化和神经科学等研究领域的学者也对学习的整合性研究贡献了思想。我想,学习的复杂性,加之多视角的结合,让学术探索独具魅力和前景,唤起了学习科学研究的跨界整合。被这一新学科所吸引的学者探寻在真实情境(比如,日常问题解决)中解释学习过程,基于学习者的文化承诺(cultural commitments)确定研究路径。安·布朗(Ann L. Brown)和阿兰·柯林斯指

出,这样的研究更依赖基于设计的研究方法,需要将学习环境和学习理论的设计交织在一起,运用设计与实施的迭代循环,为实践者提供启示;要发生在真实情境并把学习过程与结果联系起来(Brown, 1992; Collins, 1992)。这样的研究方法取向,即设计研究(DBR),极大地拓展了科学学习的研究:从课堂到非正式环境,涉及学校、学区和社区等不同利益相关方。

记者: 聚焦真实场景的学习研究,有什么特点? 研究成果主要应用在哪里?

林教授: 将学习研究置于真实场景,突出了学习者模型的几方面特点:一是合作,二是基于共同体的科学实践,三是专业实践知识,即深层知识或真实性问题的解决。这些学习的社会文化要素成为基于课堂的学习研究的中心主题,有别于以往认知科学和心理学对学习研究的关注。情境性(situativity)和社会性成为人的学习机制研究的焦点,大量研究成果涌现。比如,许多研究揭示了学习者的文化背景和性别对合作行为的影响;揭示了为学生呈现科学与其自身经验的关联可有效激发动机,并激发学生对科学确立应有的态度;其中的动机研究还把情感学习与认知学习整合起来。研究还揭示了科学与语言、文化及身份认同的交互,指出要为多样化的学习者提供参与社区层面科学问题解决的机会,并帮助其参与更广阔意义的科学实践。

学习科学的跨学科研究加强了科学知识、科学实践和学习理论的有机关联,为技术的介入铺设了道路,确立了原则,形成意义深远的成果。比如,基于网络的科学探究环境(Web-based Inquiry Science Environment, 简称 WISE)利用技术把科学实践、元认知和物质科学的可视化等策略整合起来,突破了抽象科学概念的学习困境,让科学惠及更广大的受众。威廉·桑多瓦尔(William Sandoval, 国际学习科学学会现任主席)等学者揭示了科学探究与学生实际的认识论之间的关系(Sandoval, 2005)。许多研究重新检视了聚焦特定科学实践(如论证、解释、建模、可视化、合作、做实验)的课堂研究,表明这些实践与学生对科学的概念理解进展密切相关。这些研究启发形成了“科学即实践”(science-as-practice)的主张,提供了 K-12 科学教育新的框架以及《下一代科学教育标准》的立论基础。

记者:与您的交谈中可以深切地感受到,在基于学习科学的科学教育变革进程中,学术界心智框架和研究范式发生了转变,一种整合性学术文化正在滋长,您如何理解这一现象?

林教授:对美国来说,科学教育研究处于整合期,特别是与学习科学的整合。其挑战及使命是,如何正视文化复杂性和科学教育受众增多这一现实并利用其潜能,弥合美国城市间正在扩大的成就差距。应对这一挑战,需要决定如何为所有学习者提供有意义的教学,这激发了把关于语言多样性、认识论信仰以及学生身份等原先分立的研究议题相整合的行动,并出现一些新的动向。其中之一是利用社会性科学议题(socioscientific issue)的争议性情境,发展学生的科学理解力。对此,研究者着重探查论证、推理和决策等之间的复杂关系,提炼科学教学的建议。很多社会现实问题,如气候变化、水资源短缺、能源危机、病毒爆发等,也唤起重新聚焦科学教育的需要,把学生培养成主动的、终身的科学学习者成为新时期科学教育的目的。现在的共识是,文化及科学教育的复杂性和系统性本质,需要更精准的研究方法。比如,我们需要捕捉科学学习过程中多元的互动因素,为建立教学设计的引导性原则搜集充分证据,为此会采用一些社会文化研究方法,如人种志及微观发生学分析法,包括一些必要的工具,精细描画校内外社会文化学习的特点。总的方法思路是设计研究,用以引导在学习者多样性的真实教学场景中开展迭代精细化研究,使得研究者可以提取原理或模式来概括过程,支持理论与设计的同步发展,推动技术和以研究为基础的教学法的主动结合,使理论更实用。我们熟悉的有意学习(intentional learning)理论经历了从计算机支持的有意学习环境(CSILE)到知识论坛(Knowledge Forum)的进化;知识整合(KI)理论从知识整合环境(KIE)发展到WISE平台,逐步精制和实用化;“教中学”(Learning-by-teaching)原则的作用是通过可教的“代理学习者”展现的(马西娅·林等,2016:197)。设计研究取向日渐成熟,其完善过程也受到建筑学、工程学和计算机科学的启发。

记者:除了学科发展的内驱力,美国科学基金会发挥了重要作用,提供了这种整合文化的外部支持,您能举例说明吗?

林教授:的确,促进领域整合的主要推动力来自美国科学基金会对旗下中心的资助,我们在加州伯克利大学的“技术增强科学学习”(TELS)团队就是典型。基金会会根据研究和发展需要,更新或补充专项研究计划。比如,1997年成立的“整合学习与技术中心”,旨在建立一个由认知科学家、计算机科学家、自然科学家、工程师、学校教师、教育研究人员、行业领袖和政策分析人员组成的共同体,联合开发针对关键教育问题的技术使能解决方案。从2000年开始,美国科学基金会陆续资助成立了“学习与教学中心”,让来自不同领域的参与者开展大规模合作,将评价研究及学习科学新进展与课程创新结合起来,成为确保面向全体学生开展高质量STEM教学的智库。2002年,美国科学基金会发起了“数学与科学伙伴”(Mathematics and Science Partnership)计划,以激励各学区展开合作;2004年起,美国科学基金会资助成立了“学习科学中心”,专门支持跨学科学术知识的整合,提出改进学与教的有效解决方案。

这些跨学科研究有力地驳斥了科学素养的“缺失论”(deficit arguments),澄清了导致不同文化群体科学素养表现落差的关键因素,不仅发展了个体胜任力层面的科学素养内涵,更从社群和社会结构层面审查了科学素养的本质,从而建立了科学素养的系统化模型。目前的研究表明科学教育中多样化文化体验的重要性,影响着职业选择模式和职业结构。

这些新的深度合作促成了一系列有影响力成果的发布,为持续变革提供了理论引领。例如,美国研究理事会(NRC)推出了一系列研究报告,如《人是如何学习的》(2000)、《美国实验室报告》(2005)、《把科学带入学校》(2007)、《非正式环境中的科学学习》(2009)和《科学与工程教育的公平与多样性》(2012)等。此外,越来越多的评论和元分析梳理了有效学习环境设计的原则和方法,包括如何利用科学可视化提供脚手架、运用自动化指南促进科学推理、不同领域合作学习的支持性设计等(Kyndta et al., 2013)。《学习科学杂志》(Journal of the Learning Sciences)等为精细研究复杂学习和促进多学科深度合作提供了发布平台。

记者:学习科学与科学教育的融合与彼此激发,不仅出现在美国,也发生在世界其他地方。长

期以来,技术与学习内容及本质的不相匹配,制约了科学教育的创新进程。不少研究表明,应用于科学课堂教学的技术可能无效,甚至起反作用。如何在学习理论、技术工具与学习实践之间顺畅地沟通,也成为学习科学的研究热点。我想,建立“技术增强的学习环境”(TELE)或许可作为追求“课程—学习—评价”一致性的行动表达,显示了科学教育整合研究的取向,您对此怎么看?

林教授:用技术甚至人工智能手段加速“知识吸入”的做法,并不少见。很多设计人员还没有想清楚技术与学习、内容的关系,就盲目使用技术;一些培训者依然相信“知识吸入”是有道理的,因为这是科学家数百年建立起的知识体系,教学就要加速这一过程,才能有利于学生的自我创新;而一旦这种做法失利,就假设是因为学生缺乏学习动机,于是考虑增加刺激教学的要素,比如,使用各种影像、新奇的探险或者逗趣的轶事等。然而,这些激发动机的做法虽然可以吸引学生的注意,但不能帮助学生学好科学,甚至会干扰他们对科学的理解。有的教师认为安排一些积极的活动一定是有益的,于是在教学中增加“交互性”(比如,加入各种讨论),可是增加交互性是否有助于学生的科学理解在研究上并无定论,却可能使学生在科学推理中分心。再如,很多动手实验让学生按照步骤操作,却未更新学生的观念。这些问题或困境,反映了观念上的桎梏以及设计者或教师对学习本质的误解。“吸入”取向是把“信息”放在首位,这与寄希望于通过大量主题堆砌科学课程的标准的做法本质上并无二样,这种课程设计取向主要用来证明评价回忆的测验是合理的。显然,这与21世纪关键能力指向的科学教育追求不相匹配。

记者:技术究竟如何才能改变学校课堂?已有研究认为,新技术提供了革新传统课堂教学的两条路径:一是渗透式或渐进式的,比如,在学校常规教学的不同环节加入技术,如App或者图示工具等。另一种路径是革命式的,即彻底摆脱“授受”,使用新技术运作全新的课程设计。前者较为普遍,后者在中国似乎还未真正实现。您领导的TELS团队所创建的WISE,采用的是第二种路径,

但又为丰富的实践和创意提供了充分选择,被业界誉为强大的高技术在线平台和学习科学推动教育改进的典范。

林教授:二十世纪八十年代中期以来,我们一直探索技术支持的课程学习。研究和实践表明,对儿童及青少年来说,在互联网时代开展有效学习,仅有App是不够的,现在不少的“智能化”云平台帮助的是“吸入”。我们需要的是支持儿童学习过程的系统化技术设计,这需要以人的学习(而非机器学习)本质为基础。儿童在努力理解科学现象,他们会发展出直觉观念,并用之解释自然;他们通过质疑观点产生的情境或者使用更复杂的工具来完善观念。这种形成直觉并通过搜集证据来完善观念的过程对人理解科学十分必要。所以,科学课程应利用学习者的推理过程帮助他们理解科学主题。对此,传统手段很难做到,借力技术则可以实现。

我们团队系统地研究了儿童的概念学习过程,特别是反思对有效推理的作用。在真实课堂中反思活动比较费时,教师不注重引导学生反思。我们团队研究了不同情境下反思性干预对科学探究的影响,尤其考虑用技术甚至整合了机器学习的自适应技术设计(Gerard et al., 2016)、插入多样功能的脚手架(智能导师、学习代理人、嵌入式评价等)等帮助反思,并提炼出自动化反思提示的灵活策略,形成了促进知识整合的科学探究学习框架,即KI框架。它既是教学设计模式,也是学生的活动结构,其中的四个基本步骤(析出已有观念、加入新观念、新旧观念辨析、反思与疏通)都纳入了重要的学习原理(已有观念、合作、自我调节和反思等)。前三个步骤是从“旧”到“新”的学习过程,在具体任务中安插了反思提示;第四步是“停下来”专门进行反思,对所经历的学习过程进行思考和梳理,由此任务的整合度也得到提高。

WISE平台是技术增强的学习环境的具体化,它使课程开发实现了以人的学习本质为基础,融入真实的科学探究过程。WISE上的课程单元涵盖K-12科学教育的重要主题,并在应用中得到不断的迭代和精制,其中的每一步修订都有大量研究证据的支持,这是技术平台的课程保证学生形成规范性科学理解的关键。教师可以多样化的方式运用内嵌的

资源和工具,研究自己的教学。

近年来,STEM 成为科学教育的热点,不仅是因为这些主题可让学生更易介入科学学习,有助于培养儿童的科学态度,还因为工程学作为联结日常世界、科学思维与科技实践的桥梁,使得科学思维和科学行为更规范。我们利用 KI 框架的优势,在 WISE 上专门发布了可供线上线下结合使用的 STEM 整合性学习版块,以工程学的思路引导师生思考如何解决真实的科技问题,比如思考“我应该如何做?”“为何这样设计/做(做什么和不做什么)?”“规范或标准是什么?”我认为,STEM 学习的重点不在于要求学生做出实体物件。值得关注的是,识别目标、尝试模拟(寻找因素—假设)、建立模型等科学实践旨在帮助学生形成问题解决技能,通过工程学基于“标准”的路向推动学生发展科学思维。

记者: KI 理论与我们团队的立场一致。我们团队对 KI 理论及设计路径进行了深入分析,并基于 WISE 开展了教学实验,试图检验技术增强的学习环境对学生科学概念学习的长期效果。实验学校初中生运用 WISE 平台学习光合作用、简单基因遗传以及气候变化等单元,均显示出积极效果,特别是一年后,较传统教学有更好的学习保持(金莺莲,2017;吴开天,2017)。理论引领和技术增强的学习环境强大的数据捕捉功能使实验得以顺利完成,学生与建模环境的交互、学生间的协作、反思轨迹等学习数据,都实现了自动化记录。借助丰富

的证据,学生学习的个性化进程得到充分描绘,让教师真正认识到个体学习差异超乎想象,启发了教师的教学定制。重要的是,这些研究结果增进了我们对课堂学习的理解。儿童通过对真实世界的物理直觉不断搜集证据而形成概念,这是人类智能不同于机器智能的特异之处。我们的科学教学必须重视并充分用好这个过程,发展儿童智能。据您了解,WISE 在其他国家使用如何?

林教授:我为你们取得的成果感到由衷的高兴!我在不同的重要场合介绍了你们的研究发现,你们在学生参与、课程本土化和学生兴趣激发方面提供了优秀案例,特别是摸索出了一套与参与教师沟通和维系其持续投入的做法,并将参与研究作为教师适应性专长的培育方式,为国际提供了借鉴。目前 WISE 已为许多国家和地区的 science 教师所使用。起初教师们是有顾虑的,认为外来的技术平台可能与本地的课程要求不匹配。但是,WISE 的包容性允许研究者和教师进入后台编辑,按本地的教学需要对课程单元进行改造,添加或删除相应内容和步骤,形成与教师个性化教学相配套的单元设计方案。有趣的是,不少教师改造并建立新的方案后发现,原先的设计比自己的好(因为平台上的课程是基于大数据不断优化的)。这样一个让教师尝试单元教学方案定制的体验,帮助他们理解科学教育目的的深层意涵。课程单元中嵌入的动画和模拟实验等大量可视化材料,实现了“使科学可触及”并融入经典的科学探究模式,展现了使学生达到科学概念一致性

表一 KI 原则、模式与课程单元设计框架

KI 模式	KI 原则			
	使科学可触及	使思维看得见	帮助向他人学习	促进自治,成为终身学习者
析出观念	从生活中问题出发,让学生的学习建立在其已有观念基础上。	学生在不断解释自己观念的过程中“看见”自己的思维。	以小组活动形式让学生先在组内,而后在组间向他人解释自己的已有观念。	学生“看见”自己的观念是监控自己学习进程的第一步。
添加观念	设置与生活息息相通的关键案例。	借助技术工具让学生看见科学建模过程,观察科学实验现象。	学生通过现场聆听、视频、在线交流等方式从教师和专家处获取新信息;同时通过探究实验等活动学习科学家解决问题的方式。	学生在不断循环的探究过程中发展终身科学学习力。
辨析观念	学生参与探究活动,像科学家一样预测实验结果、观察实验现象、对比并解释预测与实际结果之间的差异。	借助技术同时在微观、宏观和符号水平表征科学现象,促使学生在不同表征之间建立联系,做出评判。	学生在向他人解释自身观念、听取他人观念的过程中发展评价准则。	发展评价观念的准则,培养学生批判性思维与质疑精神。
反思与疏通观念	反思活动的情境源于学生生活。	在一个主题学习结束之前,让学生进行科学写作或绘制图象等生成解释的活动,以此促进他们的反思。	评价他人的观念,同时根据他人评价修改自己的解释。	学生在参与科学写作和绘制科学图象的过程中反思自己的观念。

(改编自金莺莲,2017:63;参见马西娅·林等,2016:107-130)

理解的方法与策略。更重要的是, WISE 引导的是“以学生为中心”的教学设计过程, 所暗含的 KI 原则设计主线让教师始终关心学生实际(如已有观念、学习进程等), 设法为学生扫除学习障碍, 搭建合适的教学支持。这样的参与使得教师可以不断改进自己作为设计者的教学设计专长, 形成适应性的发展。目前, 针对教师不愿意使用技术或者使用率不高的现状, 我们着重为教师提供个性化指南, 使其成为教师诊断学生需求的实时工具, 让技术成为教师探究式教学的伙伴。

记者: 以上的交流, 让我认识到: 学习科学的诞生是历史和现实之必然。首先, 学习科学研究真实场景和社会互动中的学习, 致力于打开真实学习过程的黑箱。其次, 学习科学的存在缘于教育实践的需要, 是变革激发的研究, 是动态的迭代发展式的研究, 因此需要采用类似设计科学的范式, 需要系统层次的框架。

由此看来, 学习科学与经典的认知科学、教育心理学以及教育研究等有显著不同, 比如, 不同于课程教学研究, 因为学习科学强调的是学习环境的设计和过程本身; 不同于学校教育研究, 因为学习科学不仅关注学校学习, 也关注校外及工作场景, 但也有密切联系。那么, 在您看来, 学习科学研究是继续强调彼此的不同, 从而把建立学习科学的分支身份作为努力方向? 还是欢迎不同路线的融合, 成为更大的学习研究共同体?

林教授: 其实, 这种紧张是所有跨学科都要面对的。重要的是, 我们在努力解决实践中需要攻克的学习难题, 这一使命要求我们携手, 而不是试图取代诸如教育心理学、认知科学、教育神经学等, 这些学科依然有自己的使命。今天全球的急速变革要求每个人具备终身学习力, 这需要在学校教育中践行, 落实到对课程实施环节——学习过程的改造。我们需要识别哪些东西可以帮助我们做好这些工作。近二三十年来, 跨学科的学习科学研究在“问题解决与推理”“学习的早期基础”“元认知过程与自我调节”“文化体验与共同体参与”等方面取得了令人瞩目的新成果, 极大地惠及了教育发展的决策与实践, 也为“人如何学习”的不同研究层次的整合提供了更大可能。面对共同挑战, 学习科学的许多基础性理

论和方法有助于教育的利益相关者理解教育的长期目标, 发展出真正为了儿童的合适课程。眼下亟待研究的新课题有技术背景下的合作学习、集体智能的建构与文化影响、教师学习与发展机制等。无论你在哪个立场, 兼容并包、开放的思维、持续的努力和担当, 都是优秀研究者需要有的品质。

[参考文献]

- [1] Brown, A. L. (1992). Design experiments: Theoretical and methodological challenges in creating complex interventions in classroom settings [J]. *Journal of Learning Sciences*, (2): 141-178.
- [2] Collins, A. (1992). Toward a design science of education [A]. E. Scanlon, & T. O'Shea (Eds.) *New directions in educational technology* [C]. Springer-Verlag, New York: 15-22.
- [3] Gerard, L., Vitale, J. M., Donnelly, D. F., & Linn, M. C. (2016). Combining automated scoring and teacher guidance to improve students' science learning [R.]. *Annual Meeting of the American Educational Research Association*.
- [4] 金莺莲(2017). 技术增进的环境中初中生科学概念学习的研究——基于知识整合框架[D]. 华东师范大学博士论文.
- [5] Kyndta, E., Raes, E., Lismont, B., Timmers, F., Cascllar, E., & Dochy, F. (2013). A meta-analysis of the effects of face-to-face cooperative learning. Do recent studies falsify or verify earlier findings? [J]. *Educational Research Review*, (10): 133-149.
- [6] Linn, M. C., Gerard, L., Matuk, C., & McElhaney, K. W. (2016). Science education: From separation to integration [J]. *Review of Research in Education*, (40): 529-587.
- [7] 马西娅·C.林, 帕特·舍瓦·艾伦(2016). 学科学和教科学: 利用技术促进知识整合[M]. 裴新宁, 刘新阳等译. 上海: 华东师范大学出版社.
- [8] National Research Council (NRC) (2012). *A Framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas* [M]. The National Academies Press, Washington, DC.
- [9] Pea, R. D., & Collins, A. (2008). Learning how to do science education: four waves of reform [A]. Kali, Y., Linn, M. C., & Roseman, J. E. (eds). *Designing coherent science education: Implications for curriculum, instruction, and policy* [C]. Teacher College, Columbia University, New York: 3-12.
- [10] Sandoval, W. A. (2005). Understanding students' practical epistemologies and their influence on learning through inquiry [J]. *Science Education*, 89, 634-656.
- [11] Sawyer, R. K. (2014). *The Cambridge handbook of the learning sciences* [M]. Cambridge University Press.
- [12] U. S. Department of Education (2010). *Transforming American education: learning powered by technology* [EB/OL]. [2018-04-12] <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED512681.pdf>.
- [13] U. S. Department of Education (2017). *Reimagining the role of technology in education: 2017 National Education Technology Plan Up-*

date [EB/OL]. [2018-04-12] <https://tech.ed.gov/files/2017/01/NETP17.pdf>

[14] 吴开天(2017). 借力网络学习环境促进学生科学探究的研究——以 WISE 为例[D]. 华东师范大学硕士论文.

[15] 约翰·D. 布兰思福特(2013). 人是如何学习的: 大脑、心理、经验及学校[M]. 程可拉等译, 上海: 华东师范大学出版社.

(编辑: 徐辉富)

Co-evolution and Open Innovation of the Learning Sciences and Science Education: Dialogue with Professor Marcia C. Linn

Journalist PEI Xinning

(*Learning Sciences Center, College of Teacher Education, East China Normal University Shanghai 200062, China*)

Abstract: *Marcia C. Linn is a professor at the Graduate School of Education and the former Chair of Cognition and Development, University of California at Berkeley. She is also an elected member of the National Academy of Education of USA and was the former president of the International Society of the Learning Sciences (ISLS). She proposed the theory of knowledge integration and led the development of the Web-based Inquiry Science Environment (WISE), a technology-enhanced learning environment platform. Since 2010, she has visited East China Normal University several times and worked with the team of Learning Science Center for the collaborative research projects regarding taking advantage of technology to facilitate children's science understanding, and integrating the theoretical findings of learning sciences with the practice of science education in the real world. During this collaboration, Linn and Pei exchanged their views on the birth and development of learning sciences, the relationship between the progress in the learning sciences and the transformation in science education, and other related topics. This article collates some main points from their dialogues with a hope to inspire the research and practice of education reform in China. Internationally, learning sciences and science education have been co-evolved in mutually beneficial ways. The birth and development of the new inter-disciplines of learning sciences has been largely due to the needs of science education development. The 100-year history of American science education presented a paradigm shift in learning research. It is a key strategy to enhance scientific learning through systematic technological design, which is greatly helpful to promote deeper learning and upgrade the quality of science education. Facing various problems in education innovation, and for the sound application of educational technology in particular, we should pay more importance to the learning sciences.*

Key words: *learning sciences; science education; educational technology; education innovation*