

知识整合教学理论解读： 将碎片化知识转化为连贯性想法*

——访学习科学国际著名专家马西娅·C·林教授

□赵国庆 张丹慧 陈钱钱



编者按：马西娅·C·林（Marcia C. Linn）是国际科学教育领域的著名学者，现任美国加州大学伯克利分校教育学院教授，技术增强的科学学习中心（Technology Enhanced Learning in Science，简称TELS）主任。她系统提出了知识整合教学理论，并在知识整合教学理论的指导下，研发出WISE科学探究学习平台和大量体现探究式学习特色的科学探究项目。林教授团队的学术成果颇丰，在《科学（Science）》《科学研究杂志（Journal of Research in Science）》《学习科学杂志（Journal of the Learning Science）》等顶级杂志或学术会议发表论文300余篇。她主持开发的WISE科学探究平台吸引了来自全球超过15000名科学教师、研究者和课程开发人员，超过25万名中、小学生通过在线方式体验了科学探究活动。

摘要：过去30多年的学习科学研究发现，知识告知型教学的效果非常不理想。意义学习等体现建构主义学习理论的主流学习理论都认为，学生已有的想法（知识）应该成为他们学习新知识时的首要资源。知识整合教学理论是马西娅·C·林教授基于科学教育与计算机教育研究中发现的共性问题发展出来的一套教学理论，其核心目标是帮助学习者形成连贯性的科学理解。知识整合教学理论认为，与主要聚焦于新想法相比，尊重学习者的已有想法并将新旧想法进行对比，学习者能够取得更大的成功。知识整合教学正是通过诱出想法、添加想法、辨分想法、反思和整理想法等环节将学习者碎片化的知识转化为连贯性想法的过程。实施与评价知识整合教学理论时，要按照让科学触手可及、让思维看得见、帮助学生向他人学习和促进学习自主四大核心原则，关注学生是否形成了连贯的科学理解，以及能否应用证据在不同的想法间建立连接。

关键词：马西娅·C·林；知识整合教学理论；连贯性理解；科学教育；技术增强学习

中图分类号：G434 **文献标识码：**A **文章编号：**1009-5195(2018)01-0003-13 doi:10.3969/j.issn.1009-5195.2018.01.001

***基金项目：**2014年教育部人文社会科学研究青年基金项目“思维教学共同体促进小学阶段教育均衡的实证研究”（14YJC880117）。

访谈者简介：赵国庆，副教授，硕士生导师，北京师范大学教育学部；张丹慧，副教授，北京师范大学中国基础教育质量监测协同创新中心；陈钱钱，硕士研究生，北京师范大学教育学部（北京 100875）。

马西娅·C·林于1965年在斯坦福大学获得心理与统计学学士学位，1967年和1970年在斯坦福大学分别获得教育心理学硕士和博士学位。博士期间师从著名统计学家克隆巴赫（Lee J. Cronbach）和著名心理学家希尔加德（Ernest R. Hil-

gard），1967-1968年到瑞士日内瓦访学一年，师从著名教育心理学家皮亚杰（Jean Piaget）。林于1996年入选美国科学促进会理事会（American Association for the Advancement of Science，Board of Directors），2003年入选国际学习科学学会理事会，2005

年当选美国科学促进会教育分会主席（Chair of the Section on Education），2007年当选国际学习科学学会主席（President of International Society of the Learning Sciences），同年入选美国教育科学院院士（Member of the National Academy of Education）。

林是国际科学教育领域的著名学者，在学习科学领域，特别是在技术增强的科学学习领域有杰出贡献。她的重要贡献有：系统提出了知识整合教学理论，并在知识整合教学理论的指导下，研发出WISE科学探究学习平台和大量体现探究式学习特色的科学探究项目。林教授团队学术成果颇丰，在《科学（Science）》《科学研究杂志（Journal of Research in Science）》《学习科学杂志（Journal of the Learning Science）》等顶级杂志或学术会议发表论文300余篇，代表性著作包括：《计算机、教师 and 同伴——科学学习的伙伴（Computers, Teachers, Peers: Science Learning Partners）》（2000年）、《科学教育的网络环境（Internet Environments for Science Education）》（2004年）、《设计连贯的科学教育（Designing Coherent Science Education）》（2008年）、《学科学和教科学：利用技术促进知识整合（Science Teaching and Learning: Taking Advantage of Technology to Promote Knowledge Integration）》（2011年）。林教授团队不仅在教育理论研究上成果颇丰，在教育实践领域也有着强大的影响力。她主持开发的WISE科学探究平台吸引了来自全球超过15000名科学教师、研究者和课程开发人员，超过25万名中、小学生通过在线方式体验了科学探究活动（Linn et al., 2010）。如今，以WISE为核心的科学探究学习研究与实践共同体已经形成。研究团队的这些成果不仅在科学教育领域，还在学习科学和教育技术等领域产生了重要影响。

一、知识整合教学理论诞生的历史背景

访谈者：尊敬的林教授，您好！非常荣幸能有机会采访您。从您的简历来看，您在本科阶段修读的是心理与统计学，硕士和博士阶段修读的是教育心理学，但您的研究工作大都聚焦在科学教育领域，更确切地说是技术增强的科学学习领域。请问您为何选择科学教育作为您的研究领域呢？这与您

的个人成长或学习经历有关系吗？

马西娅·C·林教授：选择科学教育这一研究领域对我来说是一条自然而然的路。我对科学学习的浓厚兴趣源自于我出生在一个热衷科学学习的家庭，这也使得我成为了一名终身的科学学习者。

我是家中的长女，我的父亲（George Cyrog）坚信每个人都可以学习科学和工程的方方面面，而且他本人就是这一信念的践行者。他对科学学习的热爱无处不在。他收集岩石和矿石，在西南地区的沙漠中勘探以寻找木化石（Petrified Wood）或绿玛瑙（Green Agate），他还把我们收集到的材料加工成宝石并制作成珠宝。我们全家定期去美国西部的沙漠收集岩石和矿石并勘探新的地点。我跟父亲走在旱溪上，寻找着玛瑙、黄金（我时刻期待着能找到）、木化石或黑曜石（Obsidian）存在的蛛丝马迹。我常常能够准确地识别这些标志并找到我要收集的岩石。幸运的是，我的父亲非常愿意收集那些我认为有趣的东西。我学会了如何切割一些石头并把他们做成宝石或书镇。在这个过程中，我学会了维修损坏的东西，理解了机器工作的原理以及如何在花园里种植植物。这些经历让我相信自己能够随时学习新的科学知识（Linn, 2000）。

父亲激发了我对科学本身的浓厚兴趣，母亲则帮助我成为终身的阅读爱好者。我的母亲（Frances Cyrog）是一名小学校长。在从小学教师成长为校长的过程中，她在个别化阅读教学方面形成了自己的哲学。另外，母亲还帮我形成了我对学习和教学的信念。在我什么都不懂的时候，她就开始热情洋溢地给我读书。在我高中生病的时候，她常常坐在我的床边给我读我最喜欢的小说。她认为让学生自己选择要读的书非常重要，老师应该给学生提供必要的帮助。母亲甚至精细地计算出学生在选择他们能够理解的书以及理解他们当时并不能立即理解的内容时需要老师多大程度的帮助（Linn, 2000）。

非常庆幸，我有这么伟大的“学习伙伴”。我的父亲是一个伟大的引领者和导师，他坚信我能学习任何知识，并鼓励我去探索而非直接告诉我答案。他为我提供探索岩石和矿石、勘探旱溪时需要的必要工具，如镐、收纳包和地图。母亲则激发了我对书籍的热爱，培养了我对所读书籍和所经历的事情

进行反思的品质。在后来的生活中，我的孩子们也让我懂得学习者在求知的过程中需要采用不同的方法和途径。回顾往事，我认为，我在学习矿石、修理旧机器以及帮助孩子们学习阅读等方面的经历为我在多个领域中建构新的理解打下了坚实的基础。这些经历也让我相信，学生可以学习新的复杂知识，只要这些知识和他们的生活密切相关，并在学习过程中得到合适的支撑和指导（Linn，2000）。

访谈者：您的经历正是“父母是孩子最好的老师”这句话的最佳印证！可以看得出，正是您的父母激发了您对科学和学习研究的强烈兴趣，并最终走上了科学教育的研究道路。但我依然好奇的是，又是什么原因让您选择了从计算机或技术的视角来研究科学学习的呢？

马西娅·C·林教授：在我开始科学教育与计算机的相关研究之前，早期在计算机编程教学、学生学习以及课程变革上的研究深深地影响了我。选择从技术增强学习的角度来做科学学习研究的主要原因有两个：一是20世纪70年代初到80年代中期我在劳伦斯科技馆（Larence Hall of Science）的工作经历，二是90年代在计算机编程教学方面的研究经历（Linn，2000）。

从20世纪70年代初到80年代中期，我在劳伦斯科技馆工作。我在那里亲身体验了如何基于学生自身想法来设计课程以帮助他们重构知识。在劳伦斯科技馆和卡普拉斯（Bob Karplus）的紧密合作中，我看到了创造性的课程观是如何被运用到科学学习项目当中的。这种运用使原本枯燥的科学课程变得引人入胜，改变了学生对科学的看法并让学生对科学知识形成了深刻的理解。卡普拉斯是一位对小学科学教育有着浓厚兴趣的物理学家。他在劳伦斯科技馆开展了一项长达10年的“科学课程提升研究（Science Curriculum Improvement Study）”。在我去劳伦斯科技馆之前，研究正处于最后的试验和改进阶段。我的任务是为特定人群（包括聋人学生和盲人学生）定制课程材料，并设计能够帮助教师发掘学生已有想法的课堂评价体系。卡普拉斯有一套完善的课程开发和课程材料提炼程序：（1）研究小组通过头脑风暴产生想法；（2）小组成员（都曾做过教师）在各种各样的情境中试验这些想法；

（3）通过访谈学生了解他们的理解水平并获取他们的反馈；（4）研究组再次会面，讨论课程材料取得了多大的成功以及下一步如何改进；（5）再次测试修改后的材料，形成最终版本（Linn，2000）。随着“科学课程提升研究”在越来越多的学校中开展，成本也逐渐降低。尽管在后来的商业化过程中遇到了困难，但那不是因为学生学习科学方面失败了，而是因为在全美小学中使用复杂材料进行科学课程教学是极为困难的。尽管如此，“科学课程提升研究”的很多创造性活动被进一步提炼、修改和应用到更多的新项目中，卡普拉斯开辟的活动设计流程被很多其他项目采用。实际上，我们的“计算机作为学习伙伴”（Computer as Learning Partner，简称CLP）项目的课程设计就深受卡普拉斯的启发。

在开始CLP项目之前的1983年，我正在进行一个美国国家教育学院（National Institute of Education）项目的总结收尾工作。那个项目研究使用聚焦于计算机编程教学的教学技术对学生认知的影响。我在总结时发现，当时的教学模型和实践并没有充分挖掘计算机这一新兴工具的潜力。为了开展计算机编程教学研究，我和计算机科学家、认知研究者、本科生、中小学课程课教师、学习编程的中小学学生等建立了伙伴关系。在当时，每个人都是编程教学方面的新手，所有人都渴望找到更好的解决方案。这种伙伴关系的好处显而易见。例如，一些中小学教师设计出的教学技术也很适用于大学的教学，大学教师也极好地实施了这些创造性想法。作为一个模型，伙伴式的课程开发方法显得非常有前途（Linn，2000）。

作为编程教学研究的一部分，我也非常关注科学课程的材料，特别是那些为中学生开发的科学课程材料。我发现中学里使用的科学课程材料和我上大学时的大学课本差不多，难度和复杂性都非常高（例如，中学教材里关于热和温度的章节非常难以理解），为此我感到非常沮丧。教师和学生都不是科学家，我想知道他们在使用这些材料时会遇到哪些困难。所以，我想开发一门可以让更广泛的学生群体使用的课程。基于编程教学研究的经验，我知道我需要和科学家、任课教师以及技术人员组建一个团队，这个团队中的每个人都要做出一些重要的

贡献。对计算机技术的强烈兴趣驱使着我去寻找相关的技术。同时，我们也需要和学生合作，清晰理解他们的真实想法。只有这样我们才不会因自身对要讲授的知识越来越熟练而变得自满（Linn，2000）。

访谈者：在您的诸多著述中，知识整合可以说是出现频率最高的词了。根据您的理解，知识整合应该是您开展科学教育研究的最重要的理论基础。在中国，大多数学者对知识整合教学理论都还不太了解。您能对知识整合教学理论做个简要介绍吗？

马西娅·C·林教授：过去30多年的学习科学研究发现，知识告知（Knowledge Telling）型教学的效果非常不理想。在这种教学中，学生遭遇的是来自教材和课堂的一连串信息的轰炸。这些信息显然与他们的已有想法相距甚远，最终的结果是大多数人都把它们遗忘了（Vygotsky，1977；Bransford et al.，2000）。实际上，每个学生都不是一张白纸，他们都是带着自身的想法来到课堂的，这些想法源自于他们的大量经验以及日常的学习和思考。意义学习等体现建构主义学习理论的主流学习理论都认为，学生已有的想法（知识）应该成为他们学习新知识时的首要资源（Ausubel & Fitzgerald，1961）。

知识整合教学理论可用于指导学习和教学，知识整合型教学旨在提升学生科学理解的连贯性和精确性（Coherence and Accuracy of Scientific Understanding）。每个人都渴望去理解与自身密切相关的科学难题（Dilemmas），如：如何做出节能的选择，如何选择符合自身需要的保健方案等。知识整合式教学充分利用每个人的这种渴望，以及每个人收集和解释与科学现象有关的证据的能力。知识整合教学理论认为，学习者在个体经验、观察自然世界、文化信仰、社会情境和教学的基础上构建了一组不连贯的、碎片化的想法，知识整合教学正是通过诱出已有想法（Elicit Ideas）、增加新想法（Add Ideas）、辨分想法（Distinguish Ideas）、反思和整理想法（Reflect and Sort out Ideas）等环节将这些碎片化的想法转化为连贯性想法的过程（Linn，2012）。

利用学生的已有想法是知识整合型教学的最本质特征（Slotta & Linn，2009）。与知识告知型教学形成鲜明对比的是，知识整合型教学尊重和鼓励学生的已有想法，帮助学生发现他们知识间的空隙

（Gap），支持学生使用新想法去解决复杂问题。通过尊重学生带入课堂的各式各样的想法，并将其置入教学的中心位置，我们可以确保学生能够形成对任何学习材料的连贯性理解（Clark & Sampson，2008）。使用知识整合型教学，而非提供被动吸收的信息，学生可以成为学习的主人，主导他们自身的学习。

访谈者：请问您是什么时候提出知识整合教学理论的？又是什么因素促使您建构这一理论呢？

马西娅·C·林教授：知识整合框架（Knowledge Integration Framework）是在20世纪80年代应运而生的（Linn，1995）。当时我正在研究学生如何学习计算机科学，同时也在研究学生如何学习热力学（Thermodynamics）领域的科学概念（Bell et al.，2016）。通过比较和对比这两种情境中的成功教学方案，我发现了一些共性的东西，这直接促使了知识整合框架的诞生。在这两个领域的学习中，我都发现当鼓励学生尊重他们自己的已有想法并将新旧想法进行比较时，学生会比主要聚焦于新想法时取得更大的成功（Songer & Linn，1991）。此外，在努力加工（Grapple with）那些与已有想法相关联的新想法时，学生学习效果要远远好于加工那些抽象的想法，即使这些抽象想法更为精确和完整。例如，在讲授热动力学时，使用热量流模型会比使用分子动力学模型让中学生^①取得更大的进步。类似地，在计算机科学领域，用类比的方法（譬如迷宫中的“一直往右搜索”算法）来解释递归也要比聚焦于基础案例和重复相同规则更为有效。知识整合型教学通过这样的方式让学生参与到辨分新旧想法中，这个过程依赖于新想法的呈现方式。2011年，我们对知识整合方面的研究进行了综合整理，描述了知识整合的指导原则，出版了《学科学和教科学：利用技术促进知识整合》一书（Linn & Eylon，2011）。该书中文版也已于2016年出版。

我们将知识整合描述为“学习者基于对科学现象持有的众多不完整、相互冲突和混淆的想法建构和整理知识时遵循的过程”（Linn & Eylon，2011）。人们常常认为学生会全盘吸收课堂或教材中呈现的精确信息并抛弃他们的已有想法，但这种方法几乎从未成功过（King，1992）。学生通常在观察和会话交

谈中发展自身的想法，但这个过程会持续很长一段时间。例如，基于经验，学生通常认为“运动的物体会慢慢停下来”。在科学课上，学生会被告知运动的物体会永远保持运动状态，他们又会总结出“运动的物体在科学课上会永远运动下去，但在操场上会停下来”这一错误结论。积极的学生会记住这些新信息以应对下一次考试，但更多的学生不会这么做，绝大多数学生甚至在课程一结束就忘记了这些知识，很多物理课程教学研究都报告了这一点（Bell et al., 2016）。知识整合框架利用学生在某一科学主题上产生的各种想法，鼓励他们使用新的证据去让他们的想法更连贯。

访谈者：您曾经到瑞士日内瓦访学一年，师从20世纪最伟大的教育心理学家皮亚杰先生。请问皮亚杰的学术思想都给您带来了哪些影响？知识整合教学理论与皮亚杰的认知发展理论都有哪些联系呢？

马西娅·C·林教授：1967-1968年，我有幸到瑞士日内瓦的卢梭研究所（Institute Jean Jacques Rousseau）访学，从而获得了与皮亚杰以及其他研究者们共事的机会。在与皮亚杰共事的过程中，我收获了观察学生学习的全新视角，这与我终身的科学学习者身份产生了共鸣。在那里，我把大量的时间花在学习皮亚杰的临床访谈法并去学校访谈学生。这些访谈与1967-1984年间我自己研究中的访谈一起构成了知识整合教学理论的重要基础。在日内瓦，聆听研究者们如何探查学生想法（Probe Students' Ideas）的过程激发了我想要近距离倾听学生带到学习场景中的已有想法的兴趣。我认识到学生对科学主题有着各式各样的想法，这些想法往往还有着很好的关联性（Linn, 2000）。

我的研究涉及到对大量学生的访谈，访谈的问题要比皮亚杰的研究更为丰富，不仅更加贴近实际，也与学生本人更为密切。我注意到，学生在想法间建构连接时用到的情境似乎要比皮亚杰想象的单调得多。他们对于一个主题（如光）可能有4~5个想法，每个想法都和一个不同的情境相联系（如墨镜、影剧院的灯光或望远镜）。我看到了学生获取这些联系的价值，但我也认识到他们需要帮助才能更好地整合和组织这些想法。例如，让学生带着一系列关于热和温度的想法来到课堂，他们可能认为，

既然金属摸起来比木头凉，那么金属就能更好地让物体保持低温，因为金属能够传递寒冷。在不同的教学方法中，这个想法可能被当作知识建构的基础，也可能会成为冷嘲热讽的对象。教学能够帮助学生学会辨分物体给人的感觉（“它摸起来很冷”）和物体本身的隔热性能（“它能保持低温”）。

在研究的基础上，皮亚杰总结出：在用一种抽象或形式化的方式形成理解之前，学生要先用某种具体方式形成结构良好且深刻的理解（A Well Integrated, Robust Understanding）。皮亚杰力图去证明这是一个普遍现象，甚至还指出这一现象可能发生于某个特定年龄阶段（Piaget, 1930）。我对皮亚杰的观点进行了拓展，目的是在各式各样想法的基础上建构和辨分想法，从而帮助学生发展出更为稳固和连贯的想法。同样，其他研究者也从皮亚杰的观点出发开展各自的研究，有些研究者寻求识别出学生误解的种类，如认为金属帮助保冷的错误想法；还有些研究者寻求从学生的想法库中消除这些错误的想法（Reiner et al., 2000）。通过研究观察以及和学生的讨论，我认为更为有效的方法是鼓励学生在已有想法的基础上拓展想法，让他们生成更广阔、更连贯的情境。教师可以用这种方法催生（Promote）预测性想法和有价值的想法。

在日内瓦以及在美国对学生进行的访谈让我确信，鼓励学生就任何给定主题中的众多不同想法进行探究都是非常有益的。这种探究能够帮助他们整合和重构这些想法，使得他们可以对这些问题形成连贯、综合的想法。支持这种建立猜想、获得新想法和重构想法的过程正是“计算机作为学习伙伴”项目的目标。

二、知识整合教学理论的实施与评价

访谈者：在您的著作中，您提出了知识整合的四大原则：让科学触手可及（Making Science Accessible），让思维看得见（Making Thinking Visible），帮助学生向他人学习（Helping Students to Learn From Others）和促进学习自主（Promoting Autonomy）。请您给我们简要说说这四大原则的具体涵义。

马西娅·C·林教授：我们从CLP项目和计算机科学课程中确定了有效教学材料的共同要素，进一步整理形成知识整合的四大原则。“让科学触手可及”就是使科学通俗易懂。这一原则基于我们对学生带入课堂的已有想法库的研究，要求通过给学生介绍更为丰富的、相关的、熟悉的场景来拓宽学生的科学视野。为了实现这一原则，教师需要对科学课程内容进行设计，包括选定教学内容的范围、分析视角（宏观或微观）、范例等，并考虑课程资料与先前教学以及学生已有想法之间的联系（Linn et al., 2010）。把教学材料嵌入到学生熟悉的场景是实现这一目标的有效手段。“让科学触手可及”的原则从多方面引导我们的课程开发：一是引导我们设计出连接科学原则和相关科学问题的探究活动；二是提醒学生用科学原则去解释他们遇到的科学问题；三是给学生提供理解科学探究过程的机会（Linn, 2012）。“让科学触手可及”的原则可以贯穿整个探究过程，包括让学生做出预测，开展一个简单实验，基于预测解释实验结果等。

“让思维看得见”是指在课堂中任何可能的地方实现思维的可视化。学生思维的可视化是让教师看到学生的想法。在传统课堂中，学生只在家庭作业或考试中可视化他们的想法，在课堂上这么做的机会并不多；技术增强的学习环境为学生思维的可视化提供了更多机会和多样化的方式。同时，思维可视化也帮助学生更好地理解他们自己的想法并加以反思。促进学生思维可视化的方法有：对研究结果进行预测、对研究写反思论文、记日记、使用在线讨论区等。另一种重要的思维可视化的方法是通过使用模拟仿真、虚拟实验、交互可视化技术让科学现象可视化。有些可视化可能是令人困惑的或者容易误导别人的。但WISE和CLP中使用的可视化取得了成功，主要是由于可视化允许学生分析控制的试验，帮助学生建立起与熟悉场景之间的联系，允许学生对研究结果进行叙述。可视化把学生的注意力指向关键和实质的信息（Linn et al., 2010）。

“帮助学生向他人学习”指要让学生之间相互学习。学生在与同伴进行讨论交流的过程中可以拓展自己的想法，为科学现象提供来自不同角度的、更加全面的例子，从而加深对复杂科学知识的理

解。传统课堂上，有很多鼓励学生之间进行交互的活动，但能促进相互学习的并不多。课堂讨论总是遵循着一个陈旧的模式，一部分学生已经知晓老师问题的答案，另一部分学生却跟不上讨论从而无法受益。在这种常规的课堂讨论中，学生和同伴间的信息交换很少，那些持有不规范想法的同学也难有机会建立起他们想法之间的联系。为了促进同伴学习，我们组织学生开展调查，进行在线讨论，他们可以通过考虑同伴的想法而拓展自身的想法库，进而通过建立一定的标准辨分出好的想法。

“促进学习自主”即培养学生终身学习科学的意识，掌握自主学习的能力，使他们在遇到新的科学工程问题时能够根据已有知识和经验做出响应并解决问题。为了实现这条原则，应该设计能够促进学生自主地整合和评估自己观点的教学活动，促进学生的自我反思。自我反思不仅可以培养学生对科学主题的连贯理解，还可以锻炼学生对科学的自主推理能力。WISE项目通过探究地图、提示、线索和数据分析工具等来支持学生的自主学习。其中探究地图可以给学生提供科学探究的概况，学生再次遇到类似的问题，可以采用这样的形式开展探究活动。学生根据提示所做的笔记反映了他们对科学问题的理解，可以此来判断他们的知识整合情况。在设计WISE项目时，选择那些学生在生活中会遇到的事例和现象，以便他们再次遇到时能够回忆起已学的知识，并解决问题。另外，WISE学习环境支持学生自定步调地学习，参考新的信息，批判性地看待论据以及构建知识，这种环境能帮助学生掌握终身学习的技巧（Petra et al., 2016）。因此，WISE项目中的活动可以促进学生学习的自主性。

访谈者：“思维可视化”是WISE科学探究的特色之一。在中国，也有很多学者和教师关注思维的可视化，他们大多采用概念图或思维导图来可视化他们的思考。但在WISE项目中，概念图或思维导图并不常见。请问您的“可视化”指的是什么？

马西娅·C·林教授：在我们的研究情境中，思维可视化分为三种不同的类型：学生思维可视化、教师思维可视化和科学思维可视化。学生思维可视化旨在让学生清晰地表达出自己的想法，便于教师了解学生的想法，从而针对学生存在的问题更

好地改善课堂教学，同时对学生的学习情况和进步情况给出客观全面的评价。教师思维可视化即展现出教师的想法，目的之一是帮助学生理解教师是如何解决科学问题的。例如，Linn 和 Clancy（1992）通过案例教学给学生提供专家解决问题的过程从而让学生学习专家是如何设计程序解决问题的。科学思维可视化是指通过创建模型、仿真、数据图形等方式使科学现象可视化。概念图或思维导图只是学生或教师思维可视化的一种图形化工具，并不是唯一的形式，在 WISE 中有很多功能可以实现上述三种类型的思维可视化。技术的运用使思维可视化变得更加方便快捷。

为了使学生思维可视化，WISE 项目中运用多种不同的提示语引导学生表达他们的想法，这些提示语通常出现在“笔记”（Note Window）、“讨论”（Discussion Tools）和“展示与表达”（Show and Tell）模块中。通过对 25 个 WISE 项目中 450 条提示语的分析，我们发现可分成三类：认识论提示、元认知提示和促进知识整合的提示（Linn et al., 2010）。认识论提示让学生思考科学本质问题。元认知提示一方面提醒学生对他们在活动中的表现进行检测和评价，另一方面提醒学生在参与学习活动前做出预测或回忆已有知识。促进知识整合的提示则用于引导学生在不同想法间建立联系，让学生运用一定的标准对学习内容进行批判或比较，让学生对和新想法相关的证据进行具体说明，或让学生收集数据对结论进行解释等。以上不同类型的提示语帮助学生从不同方面将其思维可视化，帮助课程开发者完善课程项目，为教师对学生的情况给予全面客观的评价提供依据。

教师对学生笔记和学习活动的反馈能够让学生了解自己的知识理解程度以及学习的表现，对于促进学生完成知识整合和改进学习十分重要。在 WISE 中，教师思维的可视化主要是指为教师提供对学生想法做出反馈和对学生作品进行打分的平台，让学生了解教师的观点。教师可以看到学生的笔记并给出具有针对性的评价，以帮助学生完善自己的想法。

WISE 中创建了很多模型、仿真，并利用可视化技术实现科学思维可视化，使学生能够直观地看

到诸如化学反应、细胞分裂等难以直接观察到的科学现象；同时这些模型、仿真等也可以帮助学生展现他们的想法。例如，通过“热棒”模型呈现热在不同材料中的流动速度，帮助学生就热现象进行推理（Lewis et al., 1993）。在“海底大捕捞”（Ocean Bottom Trawling, What A Drag!）项目中，通过 5 个“小鱼游泳比赛”的仿真实验帮助学生直观地理解栖息地破坏的影响以及与生物进化间的关系（Donnelly et al., 2016）。

访谈者：您还提出了知识整合的四大过程：诱出想法（知识）、添加想法（知识）、辨分想法（知识）、反思与整理想法（知识）。请问它们的具体含义是什么？具体实现起来，又都有哪些具体的策略？

马西娅·C·林教授：知识整合教学理论尊重学生关于科学现象的已有想法并将它们置于科学教学的中心位置，学生带到科学课堂中的想法是知识整合的开始。为了指导科学课程设计，实现学生对知识的深层次理解，我们提出了知识整合的四个过程（如下图所示）。

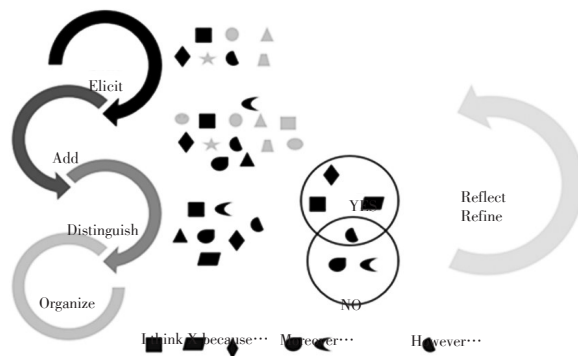


图 知识整合过程

诱出想法（知识）即让学生充分呈现他们的已有想法（知识），将学生思维可视化。学生在进入科学课堂之前，就已经有很多对于某个科学现象的想法，这些想法是有用的、多样化的，并受所处文化环境的影响（Eylon & Linn, 1988）。相对于不考虑学生已有想法的材料而言，基于学生已有想法设计开发的教学材料更能促进学生的学习（Vosniadou, 2008）。想法只有被清晰地表达出来，才能被重新考量和评价，因此知识整合的第一个过程要尽可能地引导学生清晰地表达出他们对某一科学现象已有的所有想法，这样才可以确保学生有机会在他们的已有想法和教学主题之间建立联系，才能更好地对

比、比较和区分这些想法，促进知识的整合。学生的想法具有丰富的情境性，因此为了成功诱出学生的已有想法，教学设计者应设计涵盖某个科学主题的广泛情境供学生参考。在WISE中，引导学生表达已有想法即将学生思维可视化。让学生对观察或实验结果做出预测、头脑风暴法、画图法、借助模拟仿真进行虚拟实验等都可以帮助学生表达已有想法。了解学生对某个科学话题已有的想法，并以此为基础展开教学，能够取得较好的学习效果（White & Gunstone, 1992; Zhang & Linn, 2008; Ben-Zvi et al., 2010）。

添加想法（知识）即增加规范的科学概念（知识），且新增知识能够与学生已有想法或相关经验建立联系，促进学生形成对某科学概念的连贯理解。科学课程中，教师善于给学生提供大量的科学概念，却忽略了学生能否真正地理解和建构这些科学概念。很多科学概念是抽象的、难以理解的（Driver, 2015），教师不能孤立地给学生提供这些抽象观点，而应思考如何将新的科学概念与学生已有想法建立联系，以怎样的形式呈现这些科学概念才能帮助学生理解。在WISE项目中，增加规范科学概念的方式主要有三种（Linn et al., 2010）：第一种是使用交互可视化技术将科学思维可视化，这丰富了科学概念的表征形式，使学生能够观察小到化学反应、大到太阳系等难以观察到的科学现象。例如，在“板块构造”项目中，将难以观察的板块边界、岩浆对流和地质特征以图片、动画等可视化形式展现出来，方便学生理解性地增加新的科学概念（Gerard et al., 2010）。第二种是使用叙述性关键案例，让学生在熟悉的情境中学习新的科学概念。例如在理解热平衡和热流动时，让学生比较在寒冷的冬天和炎热的夏天，操场上的金属和木头摸起来的感觉如何，学生可以准确地预测出结果。第三种是引导学生开展关于某一科学现象新观点的实验。例如在“海底捕捞”项目中通过虚拟实验让学生理解相关科学概念。

辨分想法（知识）即辨别区分不同的想法（知识）。学生在互联网、教科书、实验、个人经历、家庭等不同情境中都能产生一定的科学想法，但这些想法并非都是正确的，有些错误想法并不利于学

生建构连贯的科学理解，因此学生需要辨别和区分哪些想法是更有价值、更有效和更合理的（Linn & Eylon, 2011）。辨别区分想法的好坏需要学生建立区分标准，而建立标准的方法是使用科学证据，这就要求理解科学证据是什么，懂得如何收集和评价证据，并且能够基于证据进行合理的论证。学生通过科学实验和其他方式收集证据，参与和同伴的辩论活动，建立区分不同想法的标准。在WISE中，诸如感觉生成器（Sense Maker）、科学模型、仿真、虚拟实验和“写一封倡议信”等活动都可以帮助学生收集相关科学证据。

反思和整理想法（知识）即鼓励学生通过反思对想法（知识）进行整理。在某个科学主题的课程结束后，学生将拥有三类想法（课程学习前已有想法、课程中提供的规范科学概念、课程学习中自动生成的新想法），而学生倾向于保持原有的不规范想法，这些想法并不能自动和科学课堂中获得的想法相整合，因此科学教学应该提供活动和时间引导学生将这三类想法进行整合，即整理想法。学生通过对比、思考和重新评估先前已有想法，找到各想法间的联系并解决自相矛盾的想法，形成对某个科学现象连贯的理解（Slotta & Linn, 2009）。在WISE项目中，写反思笔记、总结论据、参与辩论和以图表的形式展现想法间的结构是引导学生反思和整理想法的常用方法。例如，在“有丝分裂”项目中要求学生反思他们的想法与科学家想法间的差异，在“板块构造”项目中让学生构建科学模型解释地貌形成的过程及原因并通过同伴评价不断修改和完善模型。

访谈者：建构主义学习理论为人类学习提供了很好的理论指导。但在如何评价学习效果方面总是面临着重大挑战。请问您是如何评价学生的知识整合效果呢？

马西娅·C·林教授：我们非常注重课程和评价的一致性，因此课程和评价的设计与开发都依据知识整合框架。学习评价应依据学习目标，知识整合的目标是学生能够运用多方面的证据解释科学概念，形成连贯的科学理解，因此知识整合的评价应关注学生是否形成了连贯的科学理解，能否应用证据联结不同的观点。过程性评价主要用于了解学生

学习情况，根据学生实际情况不断完善课程项目；总结性评价用于了解学生的进步情况。在设计测试题时，我们并不采用学生通过死记硬背就可以回答的题目，而是采用一些让学生利用证据做出论证的题目。在回答这些题目时，学生需要分辨很多相关的概念，并通过模拟、仿真、交互可视化技术、虚拟实验等获得证据，然后进行论证。这些题目可以考察学生对科学知识理解的广度和深度。知识整合的题目可以用在课堂教学过程中作为过程性评价，通过将他们的想法呈现给教师，他们可以了解自己的观点哪些是不正确或片面的，从而建构起对科学知识的连贯性理解；也可以用在总结性评价中，了解学生累积式理解的情况（Fulgham & Shaughnessy, 2014）。总而言之，我们课程和评价的设计都旨在

表1 太阳灶项目中的二阶问题示例

问题情境: David 在比较两个太阳灶哪个升温更快。这两个太阳灶体积相等,但一个是细高的,另一个是宽矮的。	
David 的主张: 细高的太阳灶升温更快,因为这个窗口小,能量不容易从太阳灶内跑出去。	
问题一: David 的主张是否正确? A.正确 B.错误 C.部分正确	
问题二: 根据你从模型中所收集到的证据,解释 David 的观点为什么对或错,确保能够说清楚能量的流动为何能够使其中一个太阳灶比另一个太阳灶升温快。	

表2 问题二的知识整合评分量规

分数	等级描述	学生回答示例
0	未作答。	
1	跑题(Off-task): •学生的回答和问题不相关; •学生写了部分内容,但答非所问。	我不知道。
2	不相关观点或不正确观点(Irrelative Ideas/Incorrect): •提出了相关观点,但没有找到观点间的联系; •将相关观点与不相关观点建立了联系。	David 是正确的,因为我也选择了细高的太阳灶,它升温真的很快。
3	部分的(Partial): •提出了相关观点,但没能完整、清晰地阐述清楚给定情境下观点间的联系。	David 的主张是错的,因为模型显示太阳辐射被困在宽矮的太阳灶中,使得热量也被困在里面。
4	基本的(Basic): •能够清楚地阐述与给定情境相关的两个观点间一条科学、有效的联系。	David 的主张是错的,在2分钟内,细高的太阳灶升温到33.8℃,而宽矮的太阳灶升温到44.7℃。宽矮的太阳灶有更多的空间储存能量,而细高的太阳灶没有太多空间。因此 David 的诊断是错误的。
5	综合的(Complex): •能够清晰地阐述与给定情境相关的多个观点间两条或更多科学、有效的连接。	David 的主张是错的,因为辐射区域越大,储存的辐射就越多,转化的热量就越多,而细高的太阳灶辐射空间较小。

帮助学生分辨各种想法，在一些有用的想法基础上帮助学生形成对科学的连贯的、准确的理解。这个过程也帮助学生学会如何处理遇到的新信息，并运用这种方法不断完善他们的想法。

具体操作上，我们常常采用二阶问题来对学生进行评价。二阶问题由一道选择题和一道问答题构成，问答题让学生对在前面选择题中所做的选择做出进一步解释（表1就是一个二阶问题的例子）。对于问答题，我们采用知识整合量规进行评分，表2是针对表1中的问答题设计的知识整合量规。

三、知识整合教学理论的发展展望

访谈者：知识整合理论已经诞生很长一段时间了，相信您和您的团队也在不断通过研究刷新对它的认识。您觉得您对知识整合理论的认识都经历了哪些阶段？现在的认识和您最初提出时都有哪些最大的不同呢？

马西娅·C·林教授：1995年，为了捕捉知识整合如何为学习者提供支持，我们提出了支架式知识整合（Scaffolded Knowledge Integration，简称SKI）。SKI中提出了前文说到的让科学触手可及、让思维可视化、让学生向他人学习和促进学习自主四大指导原则。2000年，在对CLP课程持续改进10多年后，我们对指导原则进行了细化（Linn & Hsi, 2000）。2004年，我们总结出符合这些指导原则的设计原则（Linn et al., 2004）。2006年，卡里（Kali）创造了一个以SKI指导原则为基础的设计原则库（Kali, 2006）。同年，我与埃隆（Eylon）合作，开展了聚焦学生知识整合时学习轨迹的案例研究。这些工作让我们识别出了知识整合的模式和过程（Linn, 2006; Linn & Eylon, 2006）。

随后的研究不断对知识整合过程进行改进，并在多种不同的情境下对理论进行了验证，这些情境包括多个学科（工程、生物、物理、化学、地球科学、代数、心理学）、不同年龄群体（小学、初中、高中和大学）、不同受众（学生、教师和家长）以及不同的环境（校内和校外）。具体的研究项目对理论进行了拓宽，使之能够指导如何使用可视化、图表、动手和协作等技术进行学习和教学。

访谈者：如今，技术的发展日新月异，不断给

教育带来新的可能。作为技术促进科学学习的专家，您觉得在新的技术环境下，知识整合研究又取得了哪些新发展呢？将来的发展方向又是什么？

马西娅·C·林教授：知识整合理论可谓是与教育技术肩并肩前行。一开始的论文在两个技术增强的环境中提出了第一条知识整合设计原则。一个是计算机科学领域的本科生学习 Pascal 语言的案例 (Clancy & Linn, 1992)，另一个是 CLP 项目中中学生在 Apple II 电脑上利用实时采集的数据学习热动力学的案例。从 1985 年开始，我们使用伯克利的计算机实验室和中学里的 Apple II 电脑开展技术环境下的学习研究。那个时候的计算机都还是单机。

然后，互联网兴起了，并于 1992 年成为了全球的标准，那时已有上百万台计算机连入了互联网^②。与此同时，浏览器问世了。1994 年，我们获得资助并开发了知识整合环境 (Knowledge Integration Environment，简称 KIE)。KIE 是一个基于浏览器的课程环境，浏览器也迅速从 Mosaic^③ 切换到网景 (Netscape) (Bell & Linn, 2000; Davis & Linn, 2000; Hoadley & Linn, 2000)。1998 年，我们再次获得资助，这次我们研发了 WISE 并用之迅速取代了 KIE。我们测试了很多浏览器，希望可以兼容各学校里使用的不同的计算机。浏览器技术的进步为支持学生间协作，并为教师监控学生学习进度提供了可能。将实时数据采集功能集成到 WISE 中要比开发浏览器支持的课程材料更难一些。

WISE 已经升级了多个版本，每一个版本都比之前的版本能更好地支持可视化、图表、数据分析、概念图和协作等活动。教师工具的功能得到不断增强，教师能够对学生作业进行评分。研究者工具的功能也不断丰富，他们可以通过学生的访问数据分析学生学习的效果。结合日志功能和教学工具，WISE 可以把学生随机分配到不同的问题情境或分支中去，并支持对学生学习进度的自动评分。当前的 WISE 5.0 版本提供了一个非常灵活的用户界面、易于教师使用的编著工具以及非常强大的日志功能。

最近，我们又探索了一些新技术的使用，如自然语言处理和贝叶斯知识跟踪 (Bayesian Knowledge Tracing) 等。WISE 和知识整合也都随着新技术的采用而不断得到发展。

访谈者：在学习您的论文和著作的过程中，我们发现您不仅仅给出了知识整合取向的学习原理，还给出了与之对应的教学设计原则和大量案例。那么，知识整合到底是一种学习理论，还是一种教学理论呢？

马西娅·C·林教授：本质上，知识整合是一种教学理论，它描述了学生在应对 (Grapple with) 多样化知识时面临的挑战，同时也为 (教学) 设计者提供了思考如何设计、评价和改进教学的框架。设计原则库对其中的一些原则进行了详细的描述 (Kali, 2006)，也有很多论文对这些原则进行了细化的阐述 (Gerard et al., 2015; McElhane et al., 2014)。WISE 科学探究环境根据知识整合的原则而设计，为知识整合的关键环节提供了良好的技术支持，因而可以用来支持知识整合型教学的实施。(Donnelly et al., 2015; Matuk et al., 2016)。

访谈者：最后一个问题，您现在的主要研究领域是科学教育，请问知识整合理论是科学教育领域的独有理论，还是各学科都适用的通用理论呢？

马西娅·C·林教授：前面我们谈过，知识整合教学理论源于我在科学教育领域和计算机科学领域开展研究的过程中发现的共性的东西。我想它的应用并不局限于这两个学科。对已有想法的诱出、对新想法的添加、对新旧想法的辨分以及对想法进行反思与整理适合于任何领域的学习。略有不同的是，自然科学领域有着相对客观的标准来衡量建构的知识的是非，而在诸如历史、政治等人文科学领域中建构出来的知识要相对主观和开放一些。

访谈者：非常感谢您接受我们的访谈。

致谢

特别感谢 Linn 教授团队的研究科学家 Libby Gerald，博士后 Jennifer King Chen、Ady Kidron 和 Eliane Wiese，博士生 Emily Harrison、Elizabeth McBride 和 Korah Wiley 在访学交流中对知识整合思想的解读。感谢 David Crowell 帮助搜集和复印资料。感谢 Jacqueline Madhok 博士热心的关怀。感谢 Yixiao Zhang、王伟初和段艳艳同学帮忙校对全文。

注释：

① 美国中学生指初中生。

② <http://www.computerhistory.org/timeline/networking-the-web/>。

③ Mosaic 是全球最早一款可以显示图片的浏览器名。

参考文献：

[1]Ausubel, D. P., & Fitzgerald, D. (1961). The Role of Discriminability in Meaningful Learning and Retention[J]. *Journal of Educational Psychology*, 52: 266-274.

[2]Bell, J. E., Linn, M. C., & Clancy, M. (2016). Knowledge Integration in Introductory Programming: CodeProbe and Interactive Case Studies[J]. *Interactive Learning Environments*, 4 (1): 75-95.

[3]Bell, P. & Linn, M. C. (2000). Scientific Arguments as Learning Artifacts: Designing for Learning From the Web with KIE[J]. *International Journal of Science Education (Special Issue)*, 22(8): 797-817.

[4]Ben-Zvi, R., Eylon, B., & Silberstein, J. (2010). Students' Visualization of a Chemical Reaction[J]. *South African Journal of Higher Education*, 14(3): 161-168.

[5]Bransford, J. D., Brown, A. L., & Cocking, R. R.(Eds.). (2000).How People Learn; Brain, Mind, Experience, and School [M]. Washington, D.C.: National Academy Press.

[6]Clancy, M. J. & Linn, M. C. (1992). Designing Pascal Solutions: A Case Study Approach (1st ed.) [M]. New York: W. H. Freeman.

[7]Clark, D. B., & Sampson, V. (2008). Assessing Dialogic Argumentation in Online Environments to Relate Structure, Grounds, and Conceptual Quality[J]. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(3): 293-321.

[8]Davis, E., & Linn, M. C. (2000). Scaffolding Students' Knowledge Integration: Prompts for Reflection in KIE[J]. *International Journal of Science Education (Special Issue)*, 22 (8): 819-837.

[9]Donnelly, D. F., Namdar, B., & Vitale, J. M. et al.(2016). Enhancing Student Explanations of Evolution: Comparing Elaborating and Competing Theory Prompts[J]. *Journal of Research in Science Teaching*, 53(9): 1341-1363.

[10]Donnelly, D. F., Vitale, J. M., & Linn, M. C. (2015). Automated Guidance for Thermodynamics Essays: Critiquing Versus Revisiting[J]. *Journal of Science Education and Technology*, 24(6): 861-874.

[11]Driver, R. (2015). *Children's Ideas in Science* [M]. Open University Press.

[12]Eylon, B.-S., & Linn, M. C. (1988). Learning and Instruction: An Examination of Four Research Perspectives in

Science Education[J]. *Review of Educational Research*, 58(3): 251-301.

[13]Fulgham, S. M., & Shaughnessy, M. F. (2014). Q & A with Ed Tech Leaders: Interview with Marcia C. Linn[J]. *Educational Technology*, 54(2): 32-38.

[14]Gerard, L. F., Matuk, C. F., & McElhaney, K. W. et al. (2015). Automated, Adaptive Guidance for K-12 Education[J]. *Educational Research Review*, 15: 41-58.

[15]Gerard, L. F., Spitulnik, M., & Linn, M. C. (2010). Teacher Use of Evidence to Customize Inquiry Science Instruction[J]. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(9): 1037-1063.

[16]Hoadley, C. M., & Linn, M. C. (2000). Teaching Science Through Online, Peer Discussions: Speakeasy in the Knowledge Integration Environment[J]. *International Journal of Science Education*, 22(8): 839-857.

[17]Kali, Y. (2006). Collaborative Knowledge Building Using the Design Principles Database[J]. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 1(2): 187-201.

[18]King, A. (1992). Comparison of Self-Questioning, Summarizing, and Notetaking-Review as Strategies for Learning from Lectures[J]. *American Educational Research Journal*, 29 (2): 303-323.

[19]Lewis, E. L., Stern, J. L., & Linn, M. C. (1993). The Effect of Computer Simulations on Introductory Thermodynamics Understanding[J]. *Educational Technology*, 33(3): 45-58.

[20]Linn, M. C. (1995). Designing Computer Learning Environments for Engineering and Computer Science: The Scaffolded Knowledge Integration Framework[J]. *Journal of Science Education & Technology*, 4(2): 103-126.

[21]Linn, M. C. (2000). Partners in Learning[J]. *Ubiquity*, 2000(May): 8.

[22]Linn, M. C. (2006). The Knowledge Integration Perspective on Learning and Instruction[A]. Sawyer, R. K. (Ed.). *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences*[M]. New York: Cambridge University Press: 243-264.

[23]Linn, M. C. (2012). Insights for Teaching and Learning Science[A]. Dede, C. & Richards, J. (Eds.). *Digital Teaching Platforms: Customizing Classroom Learning for Each Student* [M]. New York: Teachers College Press: 55-70.

[24]Linn, M. C., & Clancy, M. J. (1992). The Case for Case Studies of Programming Problems[J]. *Communications of the ACM*, 35(3): 121-132.

[25]Linn, M. C., & Eylon, B.-S. (2006). Science

Education: Integrating Views of Learning and Instruction[A]. Alexander, P. A. & Winne, P. H. (Eds.). Handbook of Educational Psychology (2nd Ed.)[M]. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates: 511-544.

[26]Linn, M. C., & Eylon, B. S. (2011). Science Learning and Instruction: Taking Advantage of Technology to Promote Knowledge Integration[M]. Florence, KY: Routledge, Taylor & Francis Group.

[27]Linn, M. C., & His, S. (2000). Computers, Teachers, Peers: Science Learning Partners[M]. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates.

[28]Linn, M. C., Clark, D., & Slotta, J. D. (2010). WISE Design for Knowledge Integration[J]. Science Education, 87(4): 517-538.

[29]Linn, M. C., Davis, E. A., & Bell, P. (2004). Inquiry and Technology[A]. Linn, M. C., Davis, E. A., & Bell, P. (Eds.). Internet Environments for Science Education[M]. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates: 3-28.

[30]Linn, M. C., Slotta, J. D., & Terashima, H. et al.(2010). Designing Science Instruction Using the Web-based Inquiry Science Environment (WISE) [J]. Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching, 11(2): 161-168.

[31]Matuk, C., McElhaney, K. W., & Chen, J. K. et al. (2016). Iteratively Refining a Science Explanation Tool Through Classroom Implementation and Stakeholder Partnerships[J]. International Journal of Designs for Learning, 7(2): 93-110.

[32]McElhaney, K. W., Chang, H.-Y., & Chiu, J. L. et al. (2014). Evidence for Effective Uses of Dynamic Visualisations in Science Curriculum Materials[J]. Studies in Science Education, 51(1): 49-85.

[33]Petra, S. F., Jaidin, J. H., & Perera, J. Q. et al.(2016).

Supporting Students to Become Autonomous Learners: The Role of Web-Based Learning[J]. International Journal of Information & Learning Technology, 33(4): 263-275.

[34]Piaget, J. (1930). Science of Education and the Psychology of the Child[J]. Trans. By Coltman, D.. American Journal of Obstetrics & Gynecology, 98(4): 516-525.

[35]Reiner, M., Slotta, J. D., & Resnick, L. B. (2000). Naive Physics Reasoning: A Commitment to Substance-Based Conceptions[J]. Cognition & Instruction, 18(1): 1-34.

[36]Slotta, J. D., & Linn, M. C. (2009). WISE Science: Web-Based Inquiry in the Classroom [M]. Teachers College Press.

[37]Songer, N. B., & Linn, M. C. (1991). How Do Students' Views of Science Influence Knowledge Integration? [J].Journal of Research in Science Teaching, 28(9): 761-784.

[38]Vosniadou, S. (2008). International Handbook of Research on Conceptual Change[M]. Florence: Routledge, Taylor & Francis Group.

[39]Vygotsky, L. S. (1977). Mind in Society: The Development of Higher Psychological Functions[J]. Russian Social Science Review, 18(3): 161-168.

[40]White, R., & Gunstone, R. (1992). Probing Understanding[M]. London: The Falmer Press.

[41]Zhang, H. Z., & Linn, M. C. (2008). Using Drawings to Support Learning from Dynamic Visualizations[A]. Proceedings of the 8th International Conference of the Learning Sciences [C]: 161-162.

收稿日期 2017-12-03

责任编辑 汪燕

Converting Fragmented Ideas into Coherent Understanding: Interpretation of Knowledge Integration Instructional Theory

——An Interview with Prof. Marcia C. Linn

ZHAO Guoqing, ZHANG Danhui, CHEN Qianqian

Abstract: Research findings in the last 30 years on learning sciences indicate that knowledge-telling is inefficient in terms of teaching and learning. Instructional theories, which embody constructivism, including meaningful learning theory, all consider students' existing ideas as their most important resources when they learn new knowledge. Prof. Marcia C. proposed Knowledge Integration Instructional Theory (KIIT), which aims to help

(下转第30页)

Origins and Ways Out of the Mediocrity and Disorder of Educational Studies

YANG Kaicheng

Abstract: The superficial flourish of our present educational studies is actually a certain mediocrity and disorder with fashion-prying topics and low academic quality, which naturally results from the misleading of pedagogy to turn academic attention to educational actions instead of creating knowledge. The educational theoretical knowledge, whose premise is grasping the true research object, needs to be created in order to solve educational issues. The educational phenomena, educational activities and educational issues are regarded, erroneously for a long time, as the research object of educational theory in the sphere of educational study. Such educational studies have neither created knowledge, nor have they applied such knowledge. In order to get out of mediocrity and disorder, it must be realized: (1) educational studies must return to knowledge creation, and (2) educational practice must be professionalized and then modernized. These two efforts are the two sides of one body: The educational theory is the knowledge precondition of professional and modern education, without which the educational theory is to become useless. The paramount duty of educational scholars is to create knowledge. The educational theory which can create knowledge, cannot be called pedagogy, but educology, which regards educational systems as its research objects, and attempts to create the knowledge of designing and analyzing educational systems, including educational technology and educational science.

Keywords: Educational Study; Pedagogy; Educology; Mediocrity and Disorder; Creation of Knowledge

(上接第14页)

students develop a coherent understanding of science, when she found the consistencies between science learning and computer science learning. KIIT considers science instruction that respects and builds upon students' existing ideas have more positive impact on students' learning than curriculums which mainly focus on new ideas. Eliciting Ideas, Adding Ideas, Distinguishing Ideas, Reflecting and Sorting Out Ideas are four general processes that can promote converting fragmented ideas into coherent understanding. Making Science Accessible, Making Thinking Visible, Helping Students Learn From Others and Promoting Autonomy are four main principles for KI instruction. As for the assessments, KI items aim to exam whether students have developed coherent understanding and whether they have constructed relationships among different ideas based on evidences.

Keywords: Marcia C. Linn; Knowledge Integration Instructional Theory; Coherent Understanding; Science Education; Technology Enhanced Learning