构建学习进阶：本质问题与教学实践策略*

翟小铭[1]，郭玉英[1]，李　敏[2]

（1. 北京师范大学 物理学系，北京，100875；2. 美国华盛顿大学 教育学院，西雅图，WA 98195）

〔摘　　要〕 构建学习进阶的本质是针对科学大概念，通过实证测量以确定学习者的认知发展路径。学习进阶对促进认知发展、课标和教材的连贯一致设计、教育测评及教学决策的发展有重要实践价值。通过对其本质问题及实践价值的分析，提出其教学的实践策略，并得到对我国科学教育的启示。

〔关　键　词〕 学习进阶；大概念；教学实践；策略

〔中图分类号〕 G420　　〔文献标识码〕 A　　〔文章编号〕 1002-8064(2015)02-0047-05

学习进阶是当前国际物理教育领域最热门的研究课题之一[1]，曾被一些教育研究者奉为能使学习步入“正轨”的灵丹妙药[2]。目前，学习进阶的部分研究成果已经被纳入美国《下一代科学教育标准》，诸多研究都表明学习进阶对于促进教学有潜在的实践意义[3]。然而，目前的研究中仍缺乏大规模的教学实践探索，学习进阶的本质及教学实践策略等研究都有待进一步深入。

一、构建学习进阶：本质问题

（一）学习进阶的定义

学生的认知发展过程一直是科学教育界普遍关心的问题。知识碎片理论认为，学生的知识来源于一些零散的知识碎片，在特殊物理情境下学生需要将这些碎片知识解析、重构从而构建相对完整的概念解释，而这些解释又使得勾勒出学生学习轨迹成为可能。正是基于此，许多学者在大量测量数据的基础上提出学生的认知思维发展过程具有“进阶”的特点，而这种“进阶”过程的描述将有利于把握学生认知中的关键问题，从而促进学生的认知构建及教学实践活动。

学习进阶是一个描述学生在知识学习和实践活动过程中连续地、更加熟练地发展的框架，这个框架的构建需要了解学习者是如何理解知识以及以何种方式理解这些知识的。一般认为，学生的学习过程是从简单到复杂、连续的推理认知发展过程，这个过程会受到课程、学习方式等的影响，对这个过程的探测和了解将有利于促使学生从一个刚入门的“新手”成为具有实践经验的“专家”。

完整的学习进阶研究包括：第一，选择“大概念”并给予相关的解释；第二，构建基于学习者视角的、清晰的“阶”；第三，用以区分学生水平层级的测量工具；第四，用以促进学习者进阶的教学元素，如典型的教学现象、教学任务等。[4] 其中，前三个内容回答的是构建学习进阶的本质问题，最后一个问题则涉及学习进阶的实践价值问题。

（二）构建学习进阶的本质

构建学习进阶，其本质就是要回答三个问题：对谁构建学习进阶？构建什么样的学习进阶？如何构建学习进阶？

有限的学习时间无以应对无限的学习内容，这是当前科学教育面临的重大挑战。通过整合学科中的大概念，围绕大概念构建课程体系将有望解决这

*〔基金项目〕本文系教育部人文社会科学研究规划基金项目“基于科学概念学习进阶的教学设计模型研究”（项目批准号：13YJA880022）的阶段成果。

〔收稿日期〕2015-01-20

〔作者简介〕郭玉英（1957- ），女，汉族，山东高青人，北京师范大学物理学系物理教育研究室主任，教授，博士生导师，国家初、高中课标修订核心组成员，中国教育学会物理教学专业委员会前理事长。主要从事物理教育、科学教育研究；李敏，女，美国华盛顿州西雅图，美国华盛顿大学教育学院副教授，博士生导师，主要从事科学测量等研究；翟小铭（1983- ），汉族，山东淄博人，北京师范大学博士研究生，主要从事物理教育研究。

一难题[5]。大概念包括核心概念、共通概念[7]，它对自然界中的各种可观测的自然现象有广泛的解释能力，是一种强大的解释模型[6]。因此，学习进阶的对象应该是学科中的大概念学习，围绕大概念的认知发展过程构建基于学生认知发展的学习进阶。

要构建学习进阶，首先要明确什么是“阶”。学习进阶并不只是解决学习者认知发展路径的问题，它解决的是学习者认知发展过程中用以“踏脚”的具体的“脚踏点”。我们引用巴蒂斯塔(Battista)的两幅图片[7]来更清晰地加以说明，如图 1 和图 2 所示。图 1 仅有了路径，并不足以提供学习者认知发展的支撑，只有找到学习者每一次进步的“脚踏点”(如图 2)，才能帮助学习者发展和完善原有的认知结构，顺利构建有意义的认知。所以，“阶”是建立在进阶变量基础上的、学生认知发展的“脚踏点”。这里涉及两个问题：进阶变量是什么？“脚踏点”如何确立？

图 1

图 2

形象点来讲，进阶变量指向的就是“爬山”的路径。安德森(Anderson)等提到，在他们的学习进阶研究中遇到的第一个问题就是在不同的概念学习过程中进阶变量如何确定的问题。进阶变量的选取是理论和实践数据互相质证的过程[8]，研究者会根据研究的进展修正进阶变量，以更好地适应描述学生进阶发展的需要。纵观近些年的学习进阶研究，进阶变量由最初的知识变量发展到认知变量[9]，后又拓展到社会与文化变量。变量维度也从一维变量发展到了多维变量，并形成构造图[10]和进阶矩阵。这是学习进阶研究的关键性变化，也代表着学习进阶的研究价值和范围在不断拓展。

学习进阶的始端是学生刚入校时的知识水平及推理能力，终端是社会要求学生对大概念的科学理解水平。“阶”则是学生认知过程中的各个“脚踏点”，正是一个个连续的“阶”将学习的起点和终点连接起来。“阶”的产生从本质上是由于学生的许多迷思概念[11]，迷思概念的研究对于确立“阶”有重要理论意义[12]。

阶的确立过程是一个迭代的过程，实测数据为重要依据。所以，学习进阶不同于以往的研究的本质区别之一就是，它的“阶”是基于对学习者的侦测数据，而不只是基于知识的逻辑结构，是学习者与知识之间主客体共同决定的结果。多数研究者认为学习进阶有两个特征：第一，学习进阶路径不是唯一的；第二，学习进阶不能脱离教育过程而自发进行，这两个特征的产生正是主客体相互作用的结果。作为具体的实践者(如学习者)，学习进阶的价值所在不仅是指明路径在哪里，更重要的是指明如何实现进阶。

二、学习进阶的教学实践指向

学习进阶对于教学实践有重要的意义和价值，这是学习进阶成为国际科学教育研究热点的重要原因。但是，关于学习进阶的开发是否必须基于特定教学实践，教育界并未达成共识。美国《新一代科学教育标 准》物质科学修订组的组长科瑞柴克(Krajcik)等主张，学习进阶开发必须与实践联系才有实际意义和研究价值，他们认为经过特定教学过程后学生的进阶路径将发生变化，而这种变化的甄别将有助于教师改进教学，因此他们更倾向于开发在特定教学干预下的学习进阶。而另一些学者则不强调学习进阶开发直接基于具体教学实践[13]，他们强调学习进阶的目的是侦测现有课程及学习环境下学生的学习水平，后期才开始开发相关的教学材料以供教师课堂使用。然而，从突然的角度看，两种学习阶段的研究范式最终都指向了教学实践，其实践价值和意义都不容质疑。

(一)学习进阶促进有效的认知构建，更有利于学生形成完整的、系统的概念

概念是科学教育的基础，学生的认知发展要建立在一定的概念基础上。要使学生达到学习进阶的最终目标，概念教学是必须的，特别是对于低年级的学习者，学校的课程必须强调概念的重要性[14]。

由于学生在学习新的科学概念之前往往已经对一些物理概念有感性的认识，而这些认识是碎片化、纯经验性的，距离科学概念仍然有一定的距离，因此科学教育的一个很重要的目的就是促进由经验概念

向科学概念的转变，这个过程就是学习进阶的过程。

碎片化的知识在转化为科学概念的过程中往往需要很长的时间。特别是科学大概念，对这些概念的学习通常会伴随学生的整个基础教育过程，例如对力概念的学习，幼儿园的小朋友可能对力也有零碎的感性认识，但是直到高中毕业，仍然有很多学生对力存在一些迷思概念，未能构建起力的完整、系统概念。

学习进阶一方面使得对概念的学习具有连贯性，使之贯穿于整个科学学习的过程中；同时，也为概念学习的过程提供有力的实证数据，以支撑概念学习的完整性。

（二）学习进阶促进课标、教材的连续性，使之更有利于符合学生的认知规律

以美国为代表的各国在检视自己的科学课标和教材的时候，几乎不约而同地发现如下一些问题：知识多而不精，学生的学习无法深入；不同学段课标和教材的设计缺乏连贯性，学生无法实现对某些大概念的持续、连贯的概念构建；教材设计缺乏连贯一致的标准和检测工具。正是在这样的问题的驱使下，美国《新一代科学教育标准》于 2013 年 4 月颁布。《新标准》在学习进阶研究成果的基础上围绕大概念组织教学内容，实现了科学课程的多维统整[15]，为我国当前的课程标准修订提供了重要借鉴。

学生的认知发展过程是复杂、连续的过程，是科学概念和经验概念博弈的过程。在不同的学习情境下，学生的认知可能会沿着不同的方向发展，这个过程有可能会在科学概念和经验概念间徘徊反复。因此，课程设计应该基于学生学习过程的“大视角”，从更长远的时间跨度上关注学生对大概念的认知构建。而基于学习进阶的课程、教材设计将能够为这种“大视角”的学习提供情境支持，使得学生在更复杂的情境下构建对于概念的更连贯、精准的理解。

（三）学习进阶为教育测评与教学决策提供参照，有利于教学的监控和实施

目前，教育测评无法准确诊断学生科学知识与技能学习的进展情况，一方面是因为测评的制定本身缺乏学生学习进阶的尺度作为参照，另一方面是测评的制定者（教师）对学生学习进展情况缺乏足够的了解。多数的教育测量只能通过测试就学生的科学问题解决能力给予量化，但是却无法探查学生出现问题的原因以及具体学习的进展情况，无法区分不同学生间的学习进展和差异。

基于学习进阶研究结果的教育测评区别于以往的指向对学业成绩的测评构想和报告，它首先提供了一个测评的尺度，同时产生基于学习进阶的表现期望描述，因此将有望诊断出学生在大概念学习过程中的知识与技能的发展状况，从而有利于教师对教学行为的监控。

学习进阶可以为教师的教学决策提供有用信息。教师在教学过程中要基于形成性评价的反馈，针对具体的教学情境灵活调整教学行为。因此教师的教学决策多数是不可预估的，教师只能依靠对学生学习的外在表现做出教学决策，由此对学生外在行为表现的解读异常重要。学习进阶能为教师提供了解学生知识和技能发展的一种角度，它帮助教师选择那些对学生发展最重要的知识和技能作为标记，并以这些标记来侦测学生的学习进展情况等[16]，使教师的教学决策更有针对性，从而提高教学实施的效果。

三、学习进阶的教学实践策略

上文对学习进阶的教育指向分析表明，学习进阶与教学实践密不可分。学习进阶研究的目的不是简单地将一些实践活动复制到自己的课堂上，它要求这些实践活动对学生的学习必须具有可操作性和富有成效[17]，因此有效的教学策略支撑的学习进阶才可能真正服务教学。

（一）教师应根据学习进阶的成果，对教学内容进行整合

为了能够更好地帮助学生掌握科学概念，课程的内容必须要超越学生现有知识，并且要重视知识的重组。教师应根据学习进阶理论，围绕“大概念”或学科“核心概念”重组教学内容，实现教学内容的进阶整合。

传统的教材对教学内容的组织采用的是“演变式模式”，教学内容前后有明显的“变化”，学生在核心概念学习之前的铺垫隐晦、缺乏线性结构。例如，在学习“加速度”概念时，人教版必修一“运动的描述”中内容的呈现就是典型的演变式。学生在学习第五节《加速度》之前，没有构建对“加速度”概念任何的感性认识，这要求学生在短时间内迅速构建起对加速概念的理解。然而概念学习并非线性的，学生需要不断在新情境中重温概念，以深化对概念的理解。这种教学内容组织形式无疑忽视了学生概念学习是一个“过程”，而这个“过程”又是伴随着学生的认知有“阶”的。

基于学习进阶的教学内容组织采用“演进式模

式”，以核心概念为主线，内容之间逐渐演进，最终实现概念构建。这种模式有两个显著特点：第一，透明“起点”。如果将“加速度”概念作为《运动的描述》一章的核心概念，那么就应该在教学之初就通过一定的教学手段呈现出加速度的经验概念，而不是等到位移、时间、速度等概念都构建起来之后再突然提出加速度的问题。这样无形中就使得“加速度”概念建立有了时间和空间的发展线度。第二，线性组织。现行的教材呈现顺序主要依据的是物理知识的逻辑结构以及难度。依据学习进阶的教学内容组织要求根据“核心概念”学习的需要组织教学内容，以“核心概念”学习中的认知需求为主线，各教学内容按需介入课程，从而保证教学内容组织的连贯性。

（二）教师应结合学习进阶的成果，开发教学设计

基于学习进阶的教学设计的主要任务是探索连接进阶始端到终端的路径以及设计进阶的“脚踏点”。传统的教学设计更注重知识的内在逻辑结构，把教学过程设计为基于碎片化知识的“演变”过程，教学过程间缺乏一致的主线。而基于学习进阶的教学设计则更重视知识教学过程的整体性和连贯性，从教学“演进”的视角推进围绕核心概念的教学，具体策略上有：

教学目标的确立既要考虑进阶终端，也要考虑进阶始端。学习进阶的始端即认知的起点，而终端则是认知的终点，即科学概念层次。具体到一节课中，教师不可能完成由始端到终端的全部任务，而往往是完成了从始端到终端的某个或某几个阶。因此，教师要在教学的开始针对不同年级的学生侦测其经验概念层级在整个学习进阶中的位置，并据此设置教学目标。

教学过程围绕核心活动展开，寻找最优化路径。活动是教学的重要组成部分，教师应在活动中推进核心概念的构建过程。学生的经验概念是学生的一种“信念”，在教学中可以看做是活动的假设，教学过程则是不断对这个“信念”提供证据以证实或证伪的过程。在这个过程中，必然要涉及认识事物的工具、方法和途径，一般概念则可在这个过程中渗透和构建。教学优化的意义在于，教师应找出最适合学生进阶发展的捷径，以利于学生在最短时间内完成从认知起点到终点的演进。

教学智慧体现在教师对“进阶”的教学设计上。具体到课堂中，“阶”是制约学生认知发展的台阶，同时也是学生认知发展的“脚踏点”。学生迈过这个“阶”意味着他的认知发生了变化，而如果没有迈过这个“阶”，则意味着他的认知被“阶”所束缚。从这个意义上讲，“阶”很像传统教学中的“教学难点”，但这是两个不同概念。“阶”是从学生认知角度基于对大概念理解过程的“大视角”而来的，而“教学难点”则仅仅是从教学内容本身的难易上而来的。所以说，对课堂中“阶”的理解以及如何设计教学以促进学生跨越“阶”成为教学中能体现教师个人教学智慧的地方。

（三）教师应以学习进阶为参照尺，进行有意义的教学诊断和评价

以“大概念”的“阶”为锚点命题，放到相同尺度上评价学生的认知发展状况。传统的教学诊断，命题的锚点往往是依据教师的经验及知识的逻辑结构，至于为什么要考这个知识点而不考另一个、各知识点在整份诊断试题中的比重都没有明确的尺度。例如两份测试中涉及了两个不同知识点的计算题，它们各考查学生哪个水平的认知发展？再如，同一个知识点是放在选择题中考查还是计算题中考查，其分值的差异如何解释？这些问题如果放到进阶发展的统一尺度上去依据“阶”及其表现期望来设计，将有望得到解决。

将“阶”及其表现期望嵌入教学设计，以形成有效的形成性评价。教师在教学过程中，通过嵌入的“阶”及其表现期望来检测教学的进展，将有利于形成性评价及教师的教学决策，课堂生成性资源将更丰富、合理。

四、总结与启示

目前，国际上关于学习进阶的研究已经进入实践阶段，我国的学习进阶研究也已经取得一些初步成果[18]。相比于国外的关注“知道学生知道什么（NRC，2001）”的研究目标，我国的基于学习进阶的教学实践应该立足实现三个转变：

从学习过程到认知过程的转变。我国的教学正处在由注重教学结果到注重学习过程的转变期，其中不乏热热闹闹的课堂。但是，是不是学生参与到了课堂中就达到了目的？学生参与的过程是否符合学生的认知水平？是否促进了学生的认知水平提高？是否是促进了学生认知的有序提高（进阶）？这些问题都直指认知进阶过程。因此，从根本上关注教学实践的认知转变，将有利于推进教学实践的发展。

从演变模式到演进模式的转变。不管是教学内容的组织还是课堂教学过程，由演变式向演进式发展是学习进阶带来的最大变化。这需要教师能够基于大概念或核心概念组织教学，承认学生在概念学习过程中有一个较长的时间跨度，并通过不断“演进”的方式促进学生的认知变化。

从课堂价值到课程价值的转变。课程构建围绕“大概念”展开，学生学习的价值在于实现大概念的构建。学习进阶的研究基于学生认知的“大视角”，要把每堂课的教学纳入到对大概念构建的过程中来，而不再是零散的知识堆砌，这本身是一种价值转换的过程。

〔参考文献〕

[1]翟小铭，郭玉英. 十年来国际物理教育研究热点分析及启示[J]. 全球教育展望. 2015(5).

[2]Corcoran T, Mosher, F. A., & Rogat, A. Learning progressions in science: An evidence-based approach to reform[M]. 2009.

[3]Shavelson R, Kurpius A. Reflections on Learning Progressions [C] // Alonzo A, Gotwals A, editors. Learning Progressions in Science: SensePublishers, 2012: 13-26.

[4]Krajcik J. The Importance, Cautions and Future of Learning Progression Research [C]// Alonzo A, Gotwals A, editors. Learning Progressions in Science: SensePublishers, 2012: 27-36.

[5]郭玉英，姚建欣，张静. 整合与发展——科学课程中概念体系的构建及其学习进阶[J]. 课程·教材·教法. 2013(02):44-49.

[6]Richard A. Duschl et al. Taking science to school: learning and teaching science in grades K-8[N]. Scitech Book News. Sep 2007,31(3): 387.

[7]Battista MT. Conceptualizations and Issues Related to Learning Progressions, Learning Trajectories, and Levels of Sophistication [J]. Montana Mathematics Enthusiast. 2011,8(3):483-506

[8] Alonzo AC, Gearhart M. Considering Learning Progressions From a Classroom Assessment Perspective[J]. Measurement: Interdisciplinary Research and Perspectives. 2006, 4 (1-2): 99-104.

[9]Mohan L, Chen J, Anderson CW. Developing a multi-year learning progression for carbon cycling in socio-ecological systems[J]. Journal of Research in Science Teaching. 2009,46(6):675-698.

[10] Wilson M. Measuring progressions: Assessment structures underlying a learning progression[J]. Journal of Research in Science Teaching. 2009,46(6):716-730.

[11]Alonzo AC. Learning progressions: significant promise, significant challenge[J]. Z Erziehungswiss. 2012,15(1):95-109.

[12]Duit R. Bibliography STCSE: Students' and teachers' conceptions and science education. *Retrieved from IPN - Leibniz Institute for Science Education at the University of Kiel website: http://www.ipn.uni-kiel.de/aktuell/stcse/stcse.html.*

[13]Gunckel KL, Covitt BA, Salinas I, Anderson CW. A learning progression for water in socio - ecological systems[J]. Journal of Research in Science Teaching. 2012,49(7): 843-868.

[14]Plummer JD. Challenges in defining and validating an astronomy learning progression[C]// Learning Progressions in Science: Springer, 2012: 77-100.

[15]郭玉英，姚建欣，彭征. 美国《新一代科学教育标准》述评[J]. 课程教材教法. 2013,33(8):118-127.

[16] Alonzo AC. Learning progressions that support formative assessment practices[J]. Measurement: Interdisciplinary Research and Perspectives. 2011,9(2-3):124-129.

[17]Edelson DC, & Reiser, B. J. Making authentic practices accessible to learners: Design challenges and strategies[C]// The Cambridge handbook of the learning sciences. New York: Cambridge University Press, 2006: 335-354.

[18]姚建欣，郭玉英. 为学生认知发展建模：学习进阶十年研究回顾及展望[J]. 教育学报. 2014.(5):35-42

Developing Learning Progressions: Nature and Instruction Practice Strategies

ZHAI Xiaoming[1], *GUO Yuying*[1], *LI Min*[2]

(1. Physics Department, Beijing Normal University, Beijing, 100875; 2. College of Education, University of Washington, Settle, WA 98195)

Abstract: The nature of developing learning progressions is to detect the path of cognitive progressions around scientific big ideas learning according to assessing. Learning progressions can promote cognitive development, the coherent design of curriculum standards and textbooks, as well as education measurement and instuction decision. Bring forward instruction practice strategies according to analyzing of the nature and practice value, and then summarize enlightenments.

Key words: Learning Progression; Big ideas; Instruction Practices; Strategies