

# 学习进阶:关注学生认知发展和生活经验

刘 晟<sup>1</sup>, 刘恩山<sup>2</sup>

(1. 伊利诺理工学院 数学与科学教育系, 美国 芝加哥 60616; 2. 北京师范大学 生命科学学院, 北京 100875)

**摘要:**2012年,美国正式发布了《K-12科学教育框架:实践、通用概念及核心概念》最终版。作为全美新一代科学教育标准的指导性文件,该框架使用了学习进阶连贯地表征出学生在各学段应达成的学习目标。学习进阶的提出与定义、组成要素、理论基础及其构建与呈现方式决定了其对学生认知发展和已有生活经验的关注,使其成为教育研究与教学紧密结合的桥梁,也是设计与实现少而精、连贯一致的中小学科学课程的必然需求。当前,国际科学教育领域已由学习进阶的研究与设计阶段迈向应用与实践层面,而我国对学习进阶的认识与研究仍处于起步阶段,亟须在中小学科学教育领域展开对学习进阶的深入研究。

**关键词:**学习进阶;科学课程;认知发展;生活经验;少而精

**中图分类号:**G42 **文献标识码:**A **文章编号:**1673-1298(2012)02-0081-07

21世纪国际竞争的重要焦点之一是科学技术,其中最为激烈的就是人才的竞争。<sup>[1]</sup>在科学技术飞速发展的今天,中小学科学教育如何能高效地孕育出具有竞争力的普通公民及科技人才,已成为教育的核心问题之一。科学教育的探索与实践表明,“少而精(Less is more)”的科学课程理念对解决该问题至关重要,在有限时间内(中小学阶段)为学生提供充分的学习体验,助其构建对核心概念(big idea)的深入理解,进而达成良好的科学素养(Scientific Literacy)。<sup>[2-3]</sup>这一理念要求中小学科学课程在宏观上必须具有良好的一致性(课程内容均指向科学素养)与连贯性(各学段所学内容具有良好的关联和衔接)。<sup>[4]</sup>而只有符合学生认知发展、充分调动其生活经验的课程才能构建对核心概念的深入理解,以形成良好的科学素养。<sup>[5]</sup>因此,设计与实施连贯一致的中小学科学课程就必须首先回答“该学习哪些核心概念?”“从小学到高中,学生对核心概念的理解是如何发展的?”以及“哪些生活经验有助于构建对核心概念的深入理解?”对这些问题的探索必然会指向近十年国际科学教育界产生的一个新研究方向——学习进阶(Learning Progressions,缩写为LPs)。

## 一、“学习进阶”的提出及其定义

2002年美国颁布《不让一个儿童掉队法》,要求课程与教学要关注到所有学生,帮助每一位学生达成课程标准的要求,并通过统一的学业成就测验核查是否每名学生都达成了课程标准对科学素养的要求。基于该法案,美国国家研究委员会(NRC)承担了“幼儿园至高中科学成就测验的设计”这一项目,为开发和实施高质量的全美科学成就测验提供指导与建议。2005年该项目组提出,基于标准的科学评估体系,必须考虑学生的理解是如何发展的以及各学段学生应分别获取哪些科学知识、能力和理解,即“发展的连贯性(developmentally coherent)”。<sup>[6]</sup>为便于清晰地研究与呈现学生科学素养发展的连贯性,该项目组在两份研究报告中首次提出并运用了学习进阶:史密斯(Smith)等在研究“物质与原子—分子理论”的教学时,首次提出学习进阶并将其定义为“学生在学习某一核心概念的过程中,所遵循的一系列逐渐复杂的思维路径”<sup>[7-8]</sup>;随后凯特莉(Catley)等也使用学习进阶描绘出学生在幼儿园至初中各学段对“自然选择与进化”的理解进程。<sup>[9]</sup>

随后,众多研究机构和学者都相继对学习进阶展开研究并作出界定。罗斯曼(Roseman)等指出学习进

收稿日期:2012-02-15

作者简介:刘晟(1984—),男,汉族,北京人,美国伊利诺理工学院数学与科学教育系访问学者,主要从事科学教育和生物学教育研究;刘恩山(1956—),男,汉族,北京人,北京师范大学生命科学学院教授,主要从事科学教育和生物学教育研究,通讯作者。

阶是一条由小学延续到高中的、有逻辑的、符合学生发展规律的“概念序列”；<sup>[10]</sup>美国国家研究委员会将学习进阶界定为“对孩子们在一个较大时间跨度内学习和研究某一主题时，所遵循的连贯的、逐渐深入的思维路径的描述”<sup>[11]</sup>；斯蒂文斯(Stevens)等在研究物质本质与纳米科学的教学时，将学习进阶定义为“一种策略性序列，有助于构建和扩展与科学核心概念相关的各概念间的联系”<sup>[12]</sup>；马瑞特(Merrit)等认为学习进阶是在“描述学生对某一领域由浅入深、逐渐复杂的概念理解过程”<sup>[13]</sup>；阿隆佐(Alonzo)与斯蒂朵(Steedle)指出，学习进阶是“学生对某一概念理解的有序描述”<sup>[14]</sup>；萨琳娜(Salinas)在综合多个定义后，提出学习进阶是“以实证为基础的、可检验的假说，它阐释了在一段时间内经过适当的教学指导，学生对科学核心概念、科学解释以及科学实践的理解和运用是如何逐渐发展、逐渐深入的”<sup>[15]</sup>。

综上所述，学习进阶是对学生在各阶段学习同一主题的概念时所遵循的连贯的、典型的学习路径的描述，一般呈现为围绕核心概念展开的一系列由简单到复杂、相互关联的概念序列。

## 二、“学习进阶”的组成要素

学习进阶有五个组成要素：<sup>[16]</sup>①进阶终点——即学习目标/对毕业生成就的预期，一般是根据社会预期、对学科本质的分析，和/或更高水平教育的准入要求等确定的；②进阶维度——一般是学科内或科学实践过程中的核心概念，通过追踪学生在这些维度上的发展可以了解其整体学习进程；③多个相互关联的成就水平——在学习进阶所追踪的发展路径上存在多个相互关联的中间步骤/成就水平，它们反映了学生思维发展过程的普遍阶段；④各水平的预期表现——处于特定理解水平的学生在完成某类任务时所应有的表现，这为评估工具的开发提供了具体的参考指标；⑤特定的评测工具——用于追踪学生在预期进阶路径上的发展情况，学习进阶通常含有一套从开发、验证到使用的完整评估方法。

以莫汉(Mohan)等<sup>[17]</sup>构建的小学4年级至高中“生态系统中碳循环”学习进阶为例(参见表1)。水平4是其终点，即要素①，阐明了学生高中毕业时应有的表现。该学习进阶包含“碳的吸收(光合作用)”、“碳的转化(食物链/网、生物合成)”、“碳的氧化(细胞呼吸)”以及“人类工业、工程中的‘氧化—燃烧’”四个维度，即要素②(表1仅摘录了一个维度)。研究者、课程开发人员、教材开发者和教师均可从这四个维度追踪学生对“生态系统中碳循环”的理解进程。通过水平1、2、3的学习，学生可形成水平4的理解，这些不同的水平就是要素③。每一水平都描述了相应的学生表现，例如“能够写出光合作用公式(或许能够配平、或许不能)，但缺乏使用公式解释宏观现象(如，树木的质量来自于何处)的能力”，即要素④。此学习进阶有其完整的评估方法，即要素⑤。

表1 “生态系统中的碳循环”学习进阶(仅摘录一个维度)

	碳的吸收(光合作用)
水平4 (较高的理解水平)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 能够从原子—分子水平理解光合作用，并基于化学反应过程中原子的重排解释宏观现象(例如，植物生长、植物体对碳的汇集)，以及物质和质量(包括气体)的守恒；</li> <li>• 识别出植物的光合作用会受到大气中CO<sub>2</sub>含量的影响，同时也会对大气中CO<sub>2</sub>的含量产生影响(即，确认植物体可以汇集生态系统中的碳)；……</li> </ul>
水平3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 能够写出光合作用公式(或许能够配平、或许不能)，但缺乏使用公式解释宏观现象(如，树木的质量来自于何处)的能力，认识到化学反应过程中物质和质量应该是守恒的，并试图从细胞或原子—分子水平解释这种守恒；</li> <li>• 认识到植物可影响大气中CO<sub>2</sub>含量，但无法解释具体是如何影响的；……</li> </ul>
水平2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 忽视细胞水平的生命活动过程，认为植物所吸收的物质可助其生长(例如，各种因子，即空气、水、阳光、矿物质等)；</li> <li>• 认识到植物可影响全球变化过程，但运用不正确的机理进行解释；……</li> </ul>

续表

	碳的吸收(光合作用)
水平 1 (较低的理 解水平)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 基于植物对环境因子的需求或“生机论”——植物体需要阳光和水以维持其生机与健康——看待植物体的变化(例如,植物的生长);</li> <li>• 解释植物是一种“食物”或认为植物是“有益于”环境的(例如,植物可以为人类提供凉爽的庇荫场所);……</li> </ul>

### 三、“学习进阶”的理论基础

学习进阶实际上延续了课程与教学论对——应为学生设定怎样的学习路径——这一核心问题的探索。布鲁纳<sup>[18]</sup>提出螺旋式的课程设计(spiral curriculum),并指出若先前的学习能使日后学习变得更容易,那么就需要提供一个一般的学习图景,尽可能清晰地呈现出先前与日后所学事物之间的关系,通过循环往复的学习到达的较高水平。维果茨基<sup>[19]</sup>提出最近发展区(ZPD),将其界定为儿童在独立活动中已经达到的解决问题的水平与借助成人的帮助所能够达到的解决问题水平之间的差异,并阐明教学必须要符合儿童的认知水平,教学的重要任务是创造最近发展区。建构主义学习观强调学习者具有先验经验,在开始学习之前头脑中就已存有许多先前的概念(又称前概念,prior-concept),新知识的学习正是以这些前概念为基础的。<sup>[20]</sup>

布朗(Brown)和坎皮奥内(Campione)(1996)<sup>[9]</sup>提出“发展阶梯(developmental corridor)”、“跨年级、跨年龄的学习路径”等术语,主张随着年级的升高逐步引入、精制并扩展低年级所学的概念。玛斯特(Master)和福斯特(Forster)(1996)<sup>[15]</sup>提出使用进展图(Progress Map)描述课程标准对学习进程的预期,呈现学生学习时所遵循的典型路径及其技能、理解和知识的典型发展顺序。卡朋特(Carpenter)和莱勒(Lehrer)<sup>[21]</sup>在小学数学教育中开展了“认知指导下的教学(CGI)”研究项目,基于建构主义、皮亚杰的认知发展阶段和美国数学教师协会制定的课程标准所预期的学习进程,进行各年级的数学教学。

基于这些理论基础,学习进阶进一步发展了对“应为学生设定怎样的学习路径”的回应。

### 四、构建和呈现“学习进阶”的方法

构建和呈现学习进阶的方法大致可以分为两类。<sup>[15]</sup>第一类方法一般从认知科学与教学论视角出发,对某主题的教学内容进行认知心理学分析,聚焦于理解核心概念意味着什么?新手与专家的理解有何差异?通过怎样的路径可以由幼稚水平逐渐发展为良好科学素养应有的理解水平?这类方法通常会专门开发出跨学段的大型评测工具,用以探查学生在一定时间跨度内概念理解的线性发展过程,并用预期表现描绘出学习进阶中相互关联的多个成就水平,有研究者将此方法称为逐级进展法(escalated approach)。表1呈现的就是这类方法的研究成果。

第二类方法通常由课程论与教学论视角出发,基于已有研究以及课程文件/社会预期,使用概念陈述呈现出核心概念逐步发展的进程,有研究者将此种方法称为全景图法(landscape approach)。此类方法注重呈现各学段多学科领域概念间的相互联系。美国2061计划系列丛书《科学素养的导航图》就是此类方法最具影响力的研究成果(参见图1)。<sup>[22]</sup>它通常呈现为网状结构,由概念陈述作为节点,配以箭头表征出概念间相互支撑的关系,最后的箭头指向就是学习进阶的终点。此图共含有“植物制造食物”、“食物链”与“物质循环”三个进阶维度(图1仅摘录了一个维度)。纵向展示的是从幼儿园直至高中各个学段,即学习进阶的多个成就水平。

实际上,这两类方法是从两个侧面描述了同一概念理解进程,前者使用预期表现进行呈现,以便于评测,而后者使用概念陈述进行呈现,以便于进行课程设计等。全景图的编制通常会参考跨学段评测项目的数据与结果,而这些项目在设计评估工具时又往往会参考全景图,以确定评估目标。如,逐级进展法提出,具有较

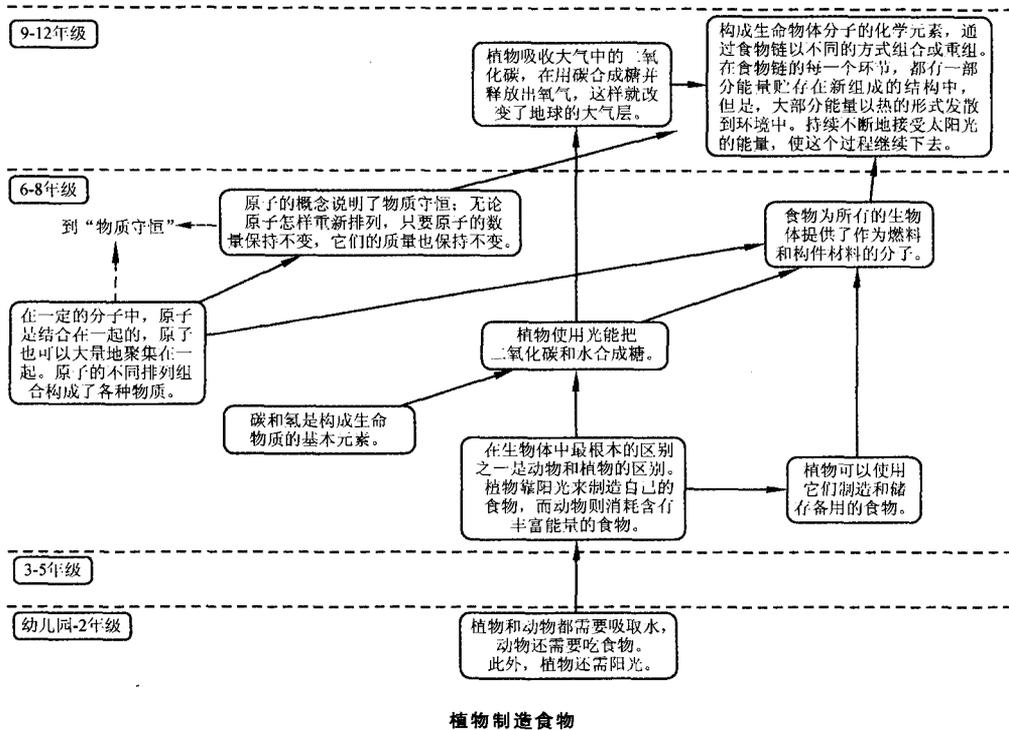


图1 生态系统中的物质流(仅摘录一个维度)

高理解水平的学生能够“识别出植物的光合作用会受到大气中 $\text{CO}_2$ 含量的影响,同时也会对大气中 $\text{CO}_2$ 的含量产生影响”。与此相一致的是,全景图法也揭示出学生在高中阶段所学内容应是“植物吸收大气中的 $\text{CO}_2$ ,再用碳合成糖并释放出氧气,这样就改变了地球的大气层”。

## 五、“学习进阶”的特征

学习进阶的定义、组成要素、理论基础及其构建与呈现方法决定了其四项主要特征<sup>[11,16,23]</sup>。

(1)围绕科学领域的核心概念构建学生的认知体系——学习不仅仅是为了要知道一系列的科学事实,更重要的是要围绕核心概念构建知识体系和模型,并广泛运用科学概念解释自然现象。而学习进阶正是围绕核心概念构建的(参见要素②)。

(2)注重多学科间的融合——美国国家研究委员会(NRC,2006)提出精通科学的公民应熟知科学理论,并用其解释自然界的现象,深入理解科学知识的本质及其发展历程,有效地参与科学实践和科学讨论。而自然界中的现象、实际生活中的科学问题及其讨论往往都是多学科交叉融合的。学习进阶所呈现的正是多学科融合的成果,如表1,在解释生态系统中的碳循环的过程中,学生可以构建物理学(物质与质量)、化学(氧化与还原)、生物学(光合作用等)以及地理学(大气循环)等多学科相融合的概念体系。

(3)认可多种概念发展顺序和概念的网状结构——学习进阶并非是一名学生都必然遵循的同一的认知进程,但它是学生概念发展进程中的限制因素。即不同的学生可能会遵循不同的思维路径抵达终点,但若未能获取对学习进阶上各概念的科学理解那将难以达成学习目标。例如,若学生忽视细胞水平的生命活动过程、不能运用正确的机理解释植物可影响全球变化过程,那他将很难理解生态系统中的碳循环。需指明的是,学习进阶通常会呈现出从具体现象到抽象概念的趋势(要素③和④),但这并不意味着处于某一水平的学生缺乏理解下一学段抽象概念的能力,之所以有这样的进阶顺序是为了确保该水平的学生有充足的机会去获取科学思维、论据和推理等方面的实践体验与知识,这对下一学段的学习是至关重要的。此外,学习进阶也认可概念发展的网状结构(参见构建和呈现LPs的第二类方法)。

(4)是现有教学情境下的学生认知发展进程——学习进阶是基于跨年级的评测数据或已有研究构建学生概念理解进程的,在这一过程中通常不对教学施加特殊的干预,其评测结果均是基于教学现状的。因此,学习进阶是现有教学情境下学生的认知发展进程。

## 六、“学习进阶”的价值及其影响力

学习进阶通常由较为具体、简单的生活现象出发,逐渐发展为复杂、抽象的概念理解,在呈现出学生认知发展过程的同时,它也揭示了哪些日常生活经验可以帮助学生学习,例如表1显示培育植物的经历、进入森林后可感知的空气变化等均可帮助学生理解核心概念。此外,学习进阶还展示出一系列有意义的问题,用以引导学生对自然界展开探究。例如,分析表1“碳的吸收”这一维度的概念理解进程,就会发现“树木的质量来自于何处”是引发学生深入思考和探究的重要问题。而对该问题的探索又可由小学阶段“植物需从外界吸收哪些物质”为起点,随着学段的升高逐渐展开。所以,学习进阶不单呈现出学生理解发展的进程,它也为课程与教学提供了丰富的参考资源。

基于这些生活经验和问题,学习进阶围绕科学领域的核心概念构建出概念发展进程,优化协调各学科间相互交叉的教学内容,帮助学生形成多学科融合的概念体系。分析图1可以发现,随着年级的升高所学概念也愈来愈抽象,而这些概念属于生物学、物理学、化学和地理学等多个学科。所有概念/教学目标都指向“生态系统中的物质流”(即,最终的箭头指向),这使得各学段、多学科的课程内容都在“植物制造食物”、“食物链”和“物质循环”三个维度上围绕着“生态系统中的物质流”逐渐深入地展开教学并相互支撑,最大限度地避免教学内容的遗漏或不必要的重复,保障了中小学科学课程的一致与连贯,为“少而精”奠定基础。

学习进阶揭示了现有教学情境下各学段学生关于核心内容的前概念(参见表1),这为课程专家、教材编者和教师设计有针对性的课程,以帮助学生转变理解为其下一学段的学习做好准备提供了重要的研究证据,有助于实现基于实证的理性课程改革。学习进阶并非是一成不变的,既然是对学生概念理解进程的描述,它就会受到课程、教学和评价质量的影响而产生波动。可以想见的是,经过一定周期后,随着课改的推进,教学质量的提升也会反馈作用于学习进阶的构建,进而实现研究与教学的良性循环。因此,学习进阶是教学与评价、教学与研究互动的桥梁,是基于实证的、理性推动课改的必然需求。

最后,由于学习进阶呈现了学生概念发展进程中的限制因素,为开发与设计各学段终结性评价工具(试卷)提供了重要参考指标,即是否达成学习进阶上相应学段的要求将成为影响更高学段学习效果的重要因素。而基于学习进阶设计评测工具,将有助于实现标准、课程、评价三者的一致。

综上所述,学习进阶关注学生的认知发展和已有生活经验,是教育研究与教学紧密结合的桥梁,是设计少而精、连贯一致的中小学科学课程的必然需求,其价值已得到国际科学教育界的广泛关注与认可,其影响力在美国新一代(相比于1996年)全国科学教育标准框架——《K-12科学教育框架:实践、通用概念、及核心概念》中得到了充分的体现。该框架使用学习进阶连贯地表征出学生在2年级、5年级、8年级和12年级毕业时应有的理解水平及其发展进程。<sup>[23]</sup>该框架的出版标志着学习进阶已从研究与设计阶段迈向应用与实践层面。

## 七、我国对“学习进阶”的研究及其应用前景

2006年我国颁布《全民科学素质行动计划纲要》,正式提出要提高公民的科学素质。随着全国第八次课程改革的推进与实施,致力于提高学生科学素养的各学科课程开始逐渐关注科学素养所需的核心概念。基于已有研究成果,核心概念已被明确写入《义务教育生物学课程标准》(2010年修订版)。<sup>[24]</sup>

同时,刘恩山教授与张颖之博士论述了什么是核心概念、以及如何在教学中准确表述概念,并提出教学应从记忆事实转变为理解概念,通过事实性知识帮助学生理解核心概念。<sup>[25-26]</sup>李红菊与刘恩山教授使用全

景图法的基本原理,对中小生物课程中的生态学核心概念进行了比较、分析和筛选。<sup>[27]</sup>张颖之针对遗传学主题,对国内外课程文件中核心概念的教学年级段分布情况、概念间的发展序列和联系、各学段学生核心概念的理解及发展情况进行了详细的研究,并构建出我国中学生物学课程的遗传学核心概念发展图。<sup>[28]</sup>这是我国中学生物学教育领域最早研究学习进阶的论文。基于这一研究,刘晟构建和分析了我国中学生物学课程光合作用的核心概念发展图,并进一步展开实证研究,探索基于学生认知发展的高中生物学教学设计方案,并首次在我国中学生物学课堂教学中应用与实践 LPs。<sup>[29]</sup>

虽然已有少数研究者开始关注和研究学习进阶,但我国目前对学习进阶的认识和研发仍处于起步阶段。“我国学生的概念理解进程是怎样的?”“我国学生的学习进阶与国际学习进阶研究成果存在多大差异?”“我国中小学科学课程与教学在多大程度上可以借鉴国际学习进阶的研究成果?”这都是我们亟待解决的问题。

在科学技术飞速发展的今天,为使中小学科学课程能在有限的时间内高效地孕育出具有竞争力的普通公民及科技人才,我们必须要在中小学科学教育领域展开对学习进阶的深入研究和应用,因为学习进阶是实现“少而精”、教研紧密结合、基于实证的中小学科学课程的必然需求。

#### 参 考 文 献:

- [1]美国科学促进协会. 面向全体美国人的科学[M]. 中国科学技术协会,译. 北京:科学普及出版社,2001.
- [2]Lisa Fratt. Less is more: trimming the overstuffed curriculum [EB/OL]. [20120307]. <http://www.project2061.org/publications/articles/articles/da.htm>.
- [3]美国科学促进协会. 美国科学素养的基准[M]. 中国科学技术协会,译. 北京:科学普及出版社,2001.
- [4]美国科学促进会. 科学素养的设计[M]. 中国科学技术协会,译. 北京:科学普及出版社,2005.
- [5]National Research Council. How Students Learn: History, Mathematics, and Science in the Classroom [M]. Washington, D. C. : The National Academies Press, 2005.
- [6]National Research Council. Systems for State Science Assessment [M]. Washington, D. C. : The National Academies Press, 2005.
- [7]Smith C, Wiser M, Anderson C W, et al. Implications of Research on Children's Learning for Assessment: Matter and Atomic Molecular Theory [R]. Washington D. C. : National Academy of Sciences, 2004.
- [8]Smith C, Wiser M, Anderson C W, et al. Implications of Research on Children's Learning for Standards and Assessment: A Proposed Learning Progression for Matter and the Atomic-Molecular Theory [J]. Measurement: Interdisciplinary Research and Perspectives, 2006, 4(1-2): 1-98.
- [9]Catley, K., Lehrer, R. & Reiser, R., Tracing a Prospective Learning Progression for Developing Understanding of Evolution[R], Washington D. C. : National Academy of Sciences, 2005.
- [10]Roseman J E, Caldwell A, Gogos A, et al. Mapping a Coherent Learning Progression for the Molecular Basis of Heredity [C]. the National Association for Research in Science Teaching Annual Meeting. San Francisco, CA, 2006.
- [11]National Research Council. Taking Science to School: Learning and Teaching Science in Grades K-8 [M]. Washinton, D. C. : the National Academies Press, 2006.
- [12]Stevens S Y, Shin N, Delgado C, et al. Developing a Learning Progression for the Nature of Matter as it Relates to Nanoscience[EB/OL]. [20110504]. [http://www.project2061.org/publications/2061connections/2007/media/KSIdocs/stevens\\_krajcik\\_pellegrino\\_paper.pdf](http://www.project2061.org/publications/2061connections/2007/media/KSIdocs/stevens_krajcik_pellegrino_paper.pdf).
- [13]Merritt J D, Krajcik J, and Shwartz Y. Development of a learning progression for the particle model of matter [C]. ICLS '08 Proceedings of the 8th international conference on International conference for the learning sciences, 2008.
- [14]Alonzo A C, Steedle J T. Developing and assessing a force and motion learning progression [J]. Science Education, 2009, 93(3): 389-421.
- [15]Salinas I. Learning Progressions in Science Education: Two Approaches for Development[C]. The Learning Progressions in Science (LeaPS) Conference. Iowa City, IA, 2009.

- [16]Corcoran, T. and F. A. Mosher, et al. Learning Progressions in Science: An Evidence-Based Approach to Reform[R]. Philadelphia, PA: the Consortium for Policy Research in Education, 2009.
- [17]Mohan, L., J. Chen, & Anderson, C. W., 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.
- [18]Bruner, J. The process of education[M]. Cambridge, MA: Harvard University Press. 1960.
- [19]Vygotsky, L., Interaction between learning and development[M]// Trans. M. Cole. Mind in Society. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1978.
- [20]刘恩山. 中学生物学教学论[M]. 第2版. 北京: 高等教育出版社, 2003:46-52.
- [21]Carpenter, T. P., & Lehrer, R.. Teaching and learning mathematics with understanding[M]// E. Fennema & T. A. Romberg (Eds.). Classrooms that promote mathematical understanding. Mahwah, NJ: Erlbaum. 1999:19-32.
- [22]美国科学促进协会. 科学素养的导航图:第1卷[M]. 中国科学技术协会, 译. 北京: 科学普及出版社, 2008.
- [23]National Research Council, A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas [M]. Washington, D. C. : the National Academies Press. 2012.
- [24]中华人民共和国教育部. 义务教育生物学课程标准(2011版)[M]. 北京: 北京师范大学出版社, 2012.
- [25]张颖之, 刘恩山. 核心概念在理科教学中的地位和作用——从记忆事实向理解概念的转变[J]. 教育学报, 2010(1): 57-61.
- [26]刘恩山, 张颖之. 课堂教学中的生物学概念及其表述方式[J]. 生物学通报, 2010, 45(7).
- [27]李红菊, 刘恩山. 中小学生物学课程中生态学重要概念的筛选及其表述[J]. 生物学通报, 2010, 45(10): 31-34.
- [28]张颖之. 对中学生物学核心概念的研究——以遗传学内容为例[D]. 北京: 北京师范大学, 2009.
- [29]刘晟. 关于设计与使用概念链进行概念教学的研究——以光合作用为例[D]. 北京: 北京师范大学, 2011.

## Learning Progressions: Focus on Students' Cognitive Development and Prior Experiences

LIU Cheng<sup>1</sup>, LIU En-shan<sup>2</sup>

(1. Mathematics and Science Education Department, Illinois Institute of Technology, Chicago 60616, USA;

2. College of Life Sciences, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

**Abstract:** In 2012, the US new framework of national science education standards, “A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas” was published. As the outline for the Next Generation Science Standards (NGSS), this framework used Learning Progressions (LPs) to organize and represent the learning goals at the end of grade 2, 5, 8, and 12. LPs focuses on students' cognitive development and prior experiences due to its origin and definition, components, theoretical foundation, and developing and representing methods. It is a bridge between education research and teaching and can help us design and implement “less is more” and the coherent science curriculum for elementary and secondary schools. While international educators transferring the research and design about LPs into practice, the research of LPs in China is still in its infancy. It is imperative for us to carry out further studies about LPs in elementary and secondary science education.

**Key words:** learning progressions; science curriculum; cognitive development; prior experience; less is more

(责任编辑 郭华 唐英)