

基于学习进程的评测与教学设计

文_叶兆宁 / 东南大学学习科学研究中心



当人们回顾自己的学习经历时，往往对那些接踵而至的考试和测验记忆犹新，甚至产生厌恶与不悦。但假如你是一位教师，当你面对这样一个问题：怎样才能知道学生是否学会了、是否理解了，你又会如何回答呢，或许很多人的答案仍然是：考一考不就知道了……

“考”即为“评价”，是开展和推进教育活动必不可少的部分。对教师而言，针对学生学习成果的评价（亦称为“评测”）最具有教育价值。在科学教育中，当我们深入思考评测的目的和作用，并将其与学习理论相联系时，会发现评测的内涵并不完全是“考学生”，它实则是一种有效的、对学生的学习进展起促进作用的教学策略和方法。

◎ 反思科学学习中评测的目的与作用

从教育评价的本质上看，评测是系统收集证据用以确定学习者实际上是否发生了某些变化、确定学生个体变化的数量和程度的过程^[1]。

叶兆宁，就职于东南大学学习科学研究中心，目前担任中国科协“做中学”科学教育改革实验项目教学中心副主任、中国教育学会科学教育分会理事。2006年至今主要从事“做中学”科学教育改革实验项目的推广和研究，主编“做中学”项目系列案例集10本。作为研究成员（排名第二）获得教育部基础教育教学研究成果一等奖。主持并参与多项探究式科学教育研究课题，参与教育部小学科学学科课程标准的修订工作。2010年以来，连续5年作为项目负责人承担教育部师范司“国培计划”中科学学科的国家级教师培训，是教育部“国培计划”专家库成员。

当学习不能脱离基于课程和标准的现代教育体系时，评测也需要按照一定的价值标准和教育目标，利用测量和非测量的各种方法系统地收集信息，对学生的发展变化及其影响学生发展变化的各种要素进行价值分析和价值判断，并为教育决策提供依据^[2]。

就科学学习而言，课程与标准的目标旨在

表1 “力和运动”学习进程

力和运动的学习进程（根据测试中学生的答案进行修订过的版本）	
水平	描述
0	偏离的想法
1	学生把力理解为力气，是由生物内部产生的，比如推、拉等动作，力是物体的一个内部特征，与物体的重量有关；力可以影响运动，也可以不影响运动
2	学生能认识到力可以由生物或非生物产生，不一定来自物体内部；物体的运动表示有一个与物体运动同方向的力作用在物体上，没有运动，就表示没有力的作用；力使物体产生同方向的运动；但不能意识到一些不接触的力（如重力、磁力）对物体的影响
3	学生能认识到力可以使物体从静止到运动，或者从运动到静止，同时也认识到力可以改变物体运动的速度和方向；学生认为物体运动的速度与在其运动方向上的非零合力成正比
4	学生能理解作用在一个物体上的力与其产生的加速度（速度和方向的变化）成正比，而且这个力不一定在物体运动的方向上

培养学生的科学素养。因而评测的目的也就是通过收集到的证据说明学生的科学素养是否有所改变，即学生在概念认知、技能发展和态度形成上是否有所提高。改变和提高具有相对意义，是动态而非静态的过程，将其展现出来的评测即成为动态变化过程的显示指标。

根据评测目的，一般将评测分为形成性评测（formative assessment）和总结性评测（summative assessment）。其中形成性评测是“为了学习”的评测，而总结性评测是“针对学习”的评测（对于形成性评测和总结性评测的介绍，见本期专题文章《IBSE / STEM 背景下开展学生学习结果评估的挑战和机遇》）。但无论是何种评测，最重要的作用与价值来源于能运用评测结果对后续的教学与学习过程产生积极的影响，通过评测的反馈帮助教师和学生识别、诊断和推进学习的进展。因此，在科学学习中评测的具体目的可包括^[3]：制订教学计划，对学生的需求进行了解，检测课堂活动的有效性，给学生提供反馈信息，以及报告有关学生学习的进展。

◎ 与评测相关的科学学习原则

作为科学教师只知晓评测的目的显然并不能有助于开展实际工作，还需要了解评测的内容和方法，以及了解与评测相关的科学学习的原则和方法。

➤ 科学学习的连贯性与一致性

国际科学院组织（IAP）的《科学教育的

原则与大概概念》一书中提出科学教育的首要原则是：在义务教育的所有年级，学校都应该设置科学教育项目，以系统地发展和持续保持学习者对周围世界的好奇心，对科学活动的热爱，以及对如何阐明自然现象的理解^[4]。美国国家研究理事会发布的《K—12 年级科学教育框架》中也指出 K—12 的科学教育需要更大的连贯性，要让年轻人体会科学的创造性、其内在逻辑性、一致性和普遍性^[5]。可见，连贯性和一致性是科学学习的重要特征，不仅体现在科学内容的连贯上，也体现在科学过程与方法的一致上，与其相关联的学习、教学和评测也都应体现出连贯与一致。同时，这样的连贯性贯穿于 K—12 年级的整个学习过程中。

➤ 前概念在科学学习中的作用

过去三四十年里，学习科学的研究发现儿童在进入学校时已经具备强大的学习能力，包括一般学习能力，也包括在科学学习方面的特殊能力。甚至在幼儿园阶段，儿童就已具备丰富的前概念、概念框架和推理技能^[6, 7]。他们对于物质世界、生命世界和社会世界，以及自然界如何运转，已经形成了自己的概念。这可以成为他们学习的良好开端，因为教学能够对科学概念进行加工和拓展。但是，学生已有概念也可能成为学习的障碍，因为这些概念可能是错误的，因而需要修正甚至去除^[8]。事实上，立足于前概念、完善前概念（其中可能包括错误概念）在任何年级的科学教育中都很重要。

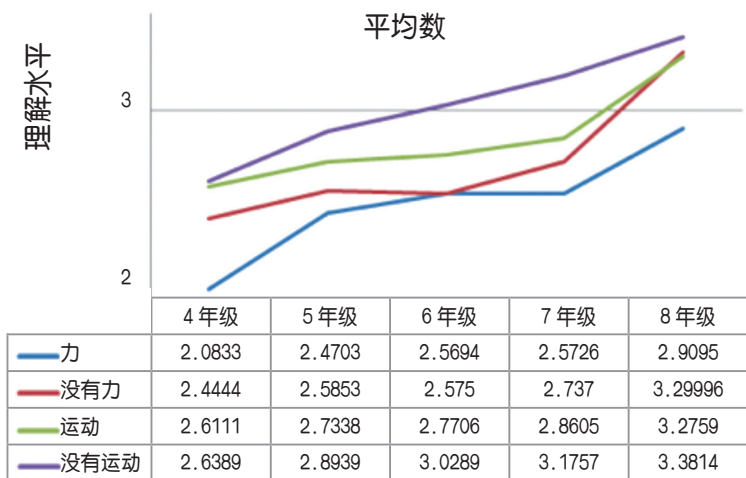


图1 4—8 年级学生的概念理解水平进展

由此，教学所面临的迫切问题是：如何识别儿童带入学校的那些知识，以及如何基于这些知识支持科学学习中认知和能力的建构？而教师对儿童理解现状的了解是解决这些问题的前提和基础，因此评测也就成为科学教育的关键。

理解随着时间发展：学习进程（Learning Progressions）

这一观点与前2个相一致，要对自然科学知识形成透彻的理解，学生需要有数年而不是几个星期或几个月的时间来持续地接触和发展基本概念，体会概念间的相互联系。基于此，教学和学习及评价都需要整合学习进程的研究。

科学中的学习进程是基于实证的、可以检

验的假设，这些假设主要是关于学生在正确的指导下，其对核心科学概念的理解，运用核心科学概念的能力，解释和参与相关的科学实践等3方面是如何一起发展直至成熟。这些假设描述了学生掌握核心概念可能要遵循的路径，以及儿童逐级深入地学习和研究某个主题的一系列步骤^[9]。学习进程包括目标、变量、水平、预期表现、评测5个部分，其中评测指测量学生对关键概念或实践的理解能追踪学生随

时间的发展进程。也就是说，一旦知道学生学习是如何随时间发展的，评价就可以鉴别学生当前思维、先行理解、随即发展，从而不断促使学生的理解逐步向前发展。

基于学习进程的评测实例

由于学习进程体现了学生概念发展和转变的可能路径，因此基于学习进程的评测能紧跟学生发展的步调，并为其搭建更有利于发展的脚手架。

以“力和运动”主题为例，中国科协“做中学”科学教育改革实验项目教学中心的研究人员联合上海9所中小学共1424名学生，采用问卷评测方法对该主题的学习进程展开研

水平

1

2

4

3

3

地面上的大石头能保持不动，是因为（ ）

A. 石头太重，任何力都无法影响它

B. 没有力作用在石头上，使它运动

C. 地面对石头的支撑力与石头受到的地球的吸引力相互平衡

D. 石头受到的力都相互抵消了

E. 地球的吸引力把石头吸在地面上

F. 以上都不符合，我认为 _____

地面

图2 基于学习进程的评测实例(评测题)

地面上的大石头能保持不动，是因为（ ）



图3 基于学习进程的评测实例（概念卡讨论卡）

究，形成了“力和运动”主题的学习进程（见表1），以及4—8年级学生的概念进展（见图1）。

表1为“力和运动”学习进程简版，从学生无法理解力与运动的关系，到能正确理解共分为5个水平等级，研究人员给出的进程完整版中每个水平包括“有力”“没有力”“有运动”“没有运动”4个维度及具体描述。

根据评测数据，图1显示出4—8年级学生在各个维度上等级的平均水平呈现出逐年提高的趋势，其中在7—8年级期间学生的理解水平显著提高；小学阶段学生的认知水平在2~3之间，而中学阶段则在2.5~3.5之间，这与中学物理课程的学习密切相关。图中4条曲线有着明显的分离，其中“没有运动”维度的平均得分较高，说明对于学生来说很容易理解静止物体的受力情况。相比较之下，对于物体“受力”情况下的运动状态，学生的得分较低，

说明学生对于力作用于物体上会如何改变物体的运动状态感到困惑，无从下手。另外问卷的数据还表明，学生容易理解能感受到的力，而对于不可见且较难感知的力（如重力、摩擦力）存在认知上的困难，因而这也是学生学习的重点和难点。

以该进程为依据，可设计出考查学生理解水平的评测，即在评测的具体内容中包含学习进程的水平等级，再通过学生的反馈判断出学生可能所处的理解水平。如采用选择题的评测方式，图2是“没有运动”维度下的一道评测题，该题的每个选项都对应学习进程中的某一水平等级，学生给出的选择或说明的理由可作为教师判断其理解水平的重要依据。

评测的形式是多样的，图2的内容还可以设计成运用概念卡开展讨论的形式在教学过程中使用（如图3），教师根据学生讨论的实

际情况判断其理解水平。同样，也可以设计成探究活动，让学生想办法显示出地面上的石头的受力情况，并进行解释，教师根据学生的操作和解释判断其理解水平。总之，依据学习进程的分析，可以设计出能评测学生具体概念理解水平的测试方法，通过各种形式运用到教学中，帮助教师确定学生的学习轨迹，促进其正确理解的形成。

◎ 基于学习进程的教学设计实例

结合评测的设计，依据学习进程，可以解读或完善现有的教学设计，其中包括宏观与微观 2 个视角。

宏观上，学习进程为解读从幼儿园、小学到中学学习过程中“力和运动”的概念建构给出了方向和路径。仍以“力和运动”为例，学习进程研究显示在幼儿园和小学低年级阶段，可基于日常生活现象，让儿童初步了解力和运动是有关联的；在小学中高年级阶段，学生已具备力和运动的一般常识，但片面和错误的概念仍较为常见，这时可通过探究各种常见的力，如研究发现摩擦力，能对力和运动的关联有较大帮助。到中学阶段，学生已具备分析受力及运动的抽象关系的能力，这时的学习则可以加入数学工具，对力和运动的关系作更深入的分析。

微观上，学习进程也可指导具体的教学单元或探究活动。如对四五年级学生进行有关摩擦力概念的测试，其中参加测试的 4 年级学生还没有上过摩擦力内容的课，属于前测，而 5 年级属于后测，评测结果却发现 5 年级和 4 年级的学生没有差异，大部分学生仍保留原有的生活经验，并持有“在没有摩擦力的情况下，原本运动着的物体就会打滑，不能运动或速度慢慢下降，然后停下来”等错误想法。这说明有关摩擦力的教学没有真正推进学生的概念发展，因此研究人员改变了对 5 年级摩擦力一课的教学设计，增加了学生发现、尝试和体验摩擦力的探究活动，以加强学生对摩擦力是一种阻碍物体运动的力的理解。

依据学习进程及评测结果的教学设计，教师可及时掌握学生状况，灵活应对面向处在不同理解水平的学生的教学方法和策略，教学中的分组、讨论、交流、指导都能依据评测结果

来实施，更具有针对性。

◎ 总结与思考

评测不仅是科学教学中的关键部分，也是学习进程的核心内容。将它们结合起来，发展基于学习进程的评测，并将其运用到教学设计中去，可以使教师得到更充分的、能说明学生理解水平的证据，以帮助教师作出如何继续指导学生的决策。

在此过程中，教师需要了解一些具体的问题，如：与学生学习内容一致的可能的学习进程是什么，学习进程与预设的学习目标有怎样的关系，采用何种情境进行评测，学生可能出现的反馈对应于学习进程中的哪个位置，采用何种表现形式进行评测较为合适，如何解读学生的反馈，如何依据评测结果选择合适的教学策略等。

同时，教师还需要掌握评测的多种形式，如评测题、评测任务、评测活动、讨论任务等，并结合多种辅助情境和材料。同时还可以让学生参与评测的制订和实施，让学生了解进程的方向和目标等，这些也都在学习进程的基础上开展。

总之，评测的有效性对使用评测促进教与学有着至关重要的影响，而基于学习进程的评测是在明确学习方向和路径的基础上开展评测，必将提高评测的有效性，以及在科学学习中的教育价值。

参考文献

- [1] 布鲁姆等著，邱渊、王刚等译，教育评价，华东师范大学出版社，1988
- [2] 黄光扬，教育测量与评价，华东师范大学出版社，2012
- [3] 韦钰，Patricia Rowell，探究式科学教育教学指导，教育科学出版社，2005
- [4] Wynne Harlen，Principles and Big Ideas of Science Education，Association for Science Education，2010
- [5] NRC，A Framework for K-12 Science Education：Practices，Crosscutting Concepts，and Core Ideas，2011
- [6] NRC，How People Learn：Brain，Mind Experience，and School，2000
- [7] R. Keith Sawyer，The Cambridge Handbook of The Learning Science，Cambridge University Press，2006
- [8] Patricia Rowell，科学教育中形成性评测的原则与策略，中国科技教育，2014（1）
- [9] NRC，Taking Science to School：Learning and Teaching Science in Grade k-8，2007