

所以，我们应该给学生和教师留出足够的时间，让他们对探究式学习和教学产生信心。

挑战5 如何开展科学教育和学生评价，才能对千年发展目标有贡献

促进公平和理解是千年发展目标之一，那么，对学生学习结果的评测与千年发展目标也是有关联的，因为它能促进性别公平，帮助人们改善健康状况、抵御疾病，有助于全球粮食增长，最终维持环境的可持续发展。为了达到上述目标，我们需要所有人都能理解一些关键的科学概念。我认为，探究式方法会有助于学

生理解这些“大”概念，因为形成性评价能提供反馈和自我评价，而有效的总结性评价对提供公平的学习机会有监督作用。

最后，我想提醒一下大家当前我们遇到了良好的机遇，因为我们可以使用所有的评价方法来促进学习。这些评价方式能够减少教学和准备测试的时间，把更多的时间留给学习本身。同时，这些评价方法提供的数据易于理解，能很好地看出所有的学生的能力所在。最后，教师的评价技能有所提高，他们具备了更敏锐的观察能力，可以把形成性评价和总结性评价联系起来。■

学习进程和评测：探究式科学教育课堂中的机遇与挑战

演讲人 _Patricia M. Rowell 翻译 _周建中 / 中国科协“做中学”科学教育改革实验项目教学中心（东南大学）



在过去 10 年里，科学教育领域相当大的兴趣都集中在对于科学学科学习中假设性的进程的研究。这些研究成果给评测的实践提供了新的可能性，无论是形成性评测还是总结性评测。本文探讨了在探究式科学教育课堂中学习进程对于教与学环节的可能贡献。本文借鉴了参与加拿大政府资助的改善学生学习计划的阿尔伯塔教师的经验和一些最近的对于科学课堂中学习进程作用的研究报告。

探究式科学教学和学习要求教师和学生参与到包含概念性知识和探究技能的学习活

Patricia M. Rowell 是加拿大阿尔伯塔大学初等教育系荣誉教授。她的研究兴趣集中在研究正规和非正规环境下教授和学习初级科学过程中应用的话语策略的本质。她的研究得到加拿大政府的资助。她是阿尔伯塔大学数学、科学与技术教育中心的创始人之一，并负责开发阿尔伯塔省内使用的基于探究的教师资源。她曾作为科学教育工作者在纳米比亚和博茨瓦纳各工作了 2 年，并在南非、中国和澳大利亚组织过工作坊。Rowell 博士拥有生物化学学位（伦敦大学学院科学学士；牛津科学硕士）和科学教育学位（阿尔伯塔大学教育学博士）。

动中，以便对自然界生成基于证据的解释。在探究式的课堂上，最为关键的是课程不仅仅是“动手做”的科学活动，活动还必须有利于发展学生对于世界的解释（概念）的理解。

了解学生在科学课上学到了什么一直以来都是一个挑战。随着我们对于学生学习科学的理解从记忆事实性的知识转变为从事科学实践，对于学生学习成果的评测方式也必须作出相应的改变。探究式科学教育项目的课堂中尤其如此，教师们需要策略和工具不仅来进行教学结束时的评测，还要在教学指导过程中进行形成性评测。

◎ 来自于阿尔伯塔的经验

1999 年开始，阿尔伯塔学校革新计划（AISI）为阿尔伯塔的学校管理者提供经费支持改善学生学习和表现的项目。AISI 计划 3 年为 1 个周期，成功地在所有参与者之间营造出了一个诚实守信、热忱互助和相互尊重的氛围。到目前，4 个周期已经结束了（2000—2003，2003—2006，2006—2009，2009—2012）。在 2006—2009 这个周期中，大约有 395 个项目，其中 178 个来自公立学校、217 个由私立学校开发。98 个（55%）公立学校的项目显示他们采用了《促进学习的评价》一书推荐的实践策略，这些实践强调学习成果和教学活动间更为紧密的联系；更多学生参与的自我评价，以提高学生的独立性；以及增强教师确保所有学生参与学习的责任感。

对 2006—2009 这个周期中 24 个采用了《促进学习的评价》策略的成功项目进行分析（Townsend、Adams 和 White，2013），通过以下具体例子，发现学生的参与度、自信心和学习发生了改变。

- 学生了解他们学习的内容
- 学生对自己的学习负责
- 学生使用了记录发展的文件袋（记录册）
- 学生参与评价标准和评价量规表的开发
- 使用描述性的反馈
- 使用学生的范例 / 样本
- 学生主导的讨论和交流会

- 同伴评价的作用
- 自我评价的力量
- 父母的尚未开发的潜力

这些项目并没有特别限定在科学学科的学习，然而那些被认为能够最有效影响学生学习的教学策略对于科学课堂也有借鉴价值。

- 完全了解所从事的学习或者项目
- 给学生学习成果的反馈
- 使用评价量规表、范例和标准
- 我能够陈述
- 持续的非正式的反馈
- 提问的技巧
- 使用学生发展文件袋
- 学生自我评价

◎ 使用评价量规表进行形成性评价：优势及其局限性

在加拿大的课堂上广泛使用评价量规表进行形成性评测来引导学生对于 1 节课或 1 个主题模块的学习进程。在科学课中，评价量规表用来测评对于概念理解和 / 或探究技能的发展进程。这些量规表描述了学生对于特定概念的不同理解水平或者在特定年级预期发展的探究技能的表现水平。例如，教师可以使用以下量规评测学生提出问题环节的表现。

水平 1：很少对教师或者同学提问；

水平 2：能够提出程序性的问题，但很少提出实质性的问题或者寻求解释性证据的问题；

水平 3：能够提出实质性的问题，并且愿意提供基于实证的论据。

下面的评价量规显示了学生对于“植物的结构满足它们的需求”这个概念应用能力的连续发展水平。

水平 1：认识不到植物具有满足它们的需求这个特性；

水平 2：能够识别植物的结构（如根、叶）和满足它们需求的行为（如休眠）；

水平 3：能够解释植物结构在各种生长环境中是如何满足它们的需求的。

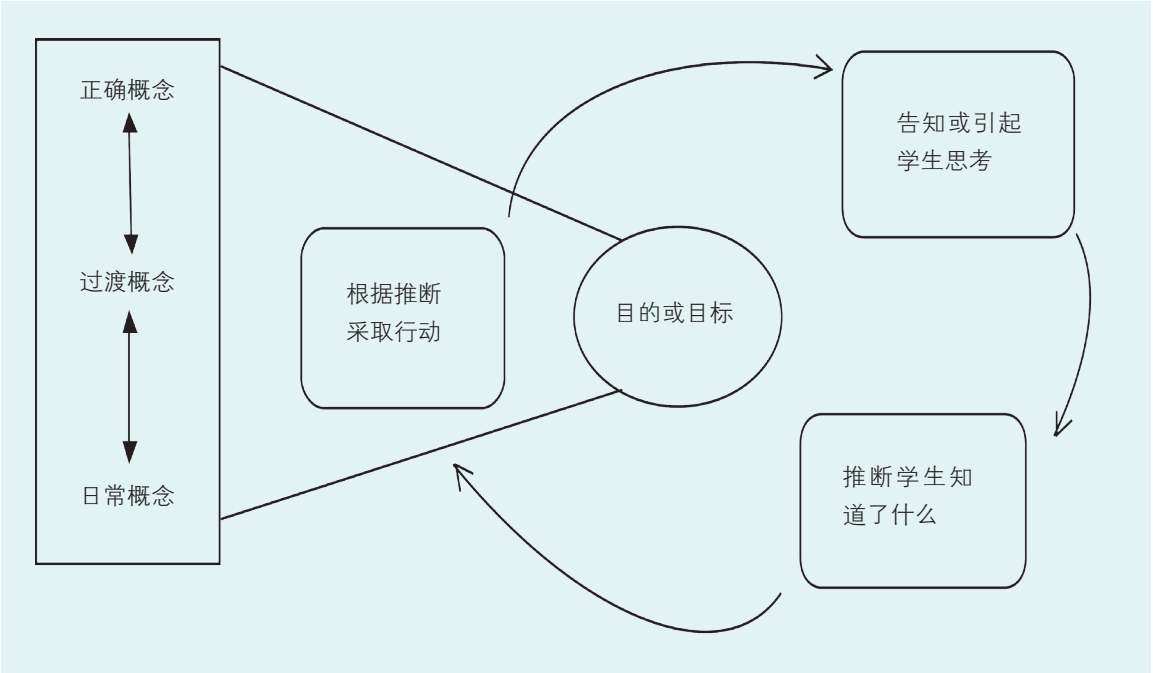


图 形成性评测过程和学习进程的关系 (Furtak, 2012)

量规表显然为探究式的课堂教学提供了可能的形成性评价的脚手架。量规表对于教师和学生来说都易于使用。它们可以帮助教师评价讨论的技能，探查学生的理解水平，引导课堂讨论的走向。当学生构建和/或使用量规表时，他们能够聚焦于希望发展的行为表现进程上。然而，量规表仅仅能够提供有限的框架，因为它们通常针对于特定年级中特定的教学内容或单元所涉及的单一概念和单一探究技能。一般来说，量规表不能够提供学习大的科学概念、科学实践和在多个年级之间建立多种联系的“大的”整体进展信息。

在阿尔伯塔的科学课堂上，教师们倾向于关注单独的概念和技能发展评测，开发针对特定概念和技能的评价量规表。这种割裂被省级的多项选择测试所放大，这个测试由大致 50% 的概念测试条目和 50% 的技能测试条目所组成。这就导致了教师和学生不一定需要通过探究活动来学习核心概念。在探究式课堂中，既要求形成对于核心概念的理解，也要求开展科学研究过程。这 2 个要求（概念和技能）融合的特性对在教学实践中嵌入

（形成性）评测的教师提出特别的挑战，这样他们可以根据学生的学习情况规划适当的活动和指导课堂互动。评测任务必须经过设计，以提供学生开展科学实践和在解决特定问题时利用学科知识的能力的证据 (National Research Council, 2014, p23)。探究式课堂面临的挑战是开发针对需要使用概念和技能的学习的评测工具。

形成性评测需要有深度的内容知识，依赖于教师对学生想法的关注，并且能够利用广泛的教学策略来应对学生的想法。在探究式课堂中，许多教师需要支持或“脚手架”来开展形成性评测。教师们需要应答学生、促进学习进展的方法，通常是对于那些意想不到或部分正确的学生反应的即刻反应。虽然有经验的教师能够书面或口头表达，并作出相应的教学调整，但是新教师或者缺少科学背景的教师很难对学生作出恰当的反馈，并改变他们的课程计划。为了实施有效的形成性评测，Black 建议：教师的一项基本功是把握一个主题的潜在学习进展计划；该计划将指导教师干预过程中概述和凸显学生贡献的方式，并指明教师提出进一

步建议、总结、问题和其他活动的方向（2011，p74）。

◎ 学习进程与形成性评测：优势与挑战

学习进程被定义为描述一个大跨度时间范围内儿童学习和研究一个接一个主题时更为复杂的思维先后发展的顺序（National Research Council, 2007, p219）。也就是说，学习进程提供了跨越多年的科学学习过程中关于学生更为复杂的理解和表现发展的先后顺序的假设。换句话说，通过提供一个学生学习的可能轨迹图和预测学生普遍遇到的问题，这个序列为教师开展形成性评价提供了一个搭建脚手架的宏观图景（Furtak 和 Heredia, 2014）。在探究式课堂上，教师在精心规划课堂交流和学习任务方面发挥着关键作用，以便学生能够基于证据形成解释。通过提供一个对学生想法进行评估和分类的解释性框架，学习进程可以帮助教师为学生提供适当的反馈（Furtak 等, 2012, p1182；Furtak 和 Heredia, 2014, p6）。在下图中，Furtak（2012, p1187）指出了特定概念的学习进程（图的左侧方框）是如何帮助教师确认学生的想法在学习路径中的位置，推断学生对于科学概念的思维发展。基于这些推断，教师可以采取适当的活动，促进学生的理解沿着概念进程发展。

在探究式课堂教学中，虽然评价量规表和学习进程有可能为教师搭建起形成性评价的脚手架，学习进程能用细致入微的方式捕捉到学生理解概念的本质，而不是简单地判断学生是否记住了它（Duncan 和 Rivet, 2013）。在大跨度时间范围内，学习进程作为一种工具能够为教师提供专业发展的机会，同时开发序列性的课程。然而，在探究式课堂教学中依然存在许多挑战。

首先，很少有实证研究来指导学习进程的开发。到目前为止，许多学习进程依然是专家提出的假定序列，尚未得到验证。许多学习进程提供的提高学习和教学的工具也没有得到效果验证（Corcoran、Mosher 和 Rogat, 2009, p5）。正如 Pellegrino（2012, p835）

所说，科学课程的很多领域依然缺少学习进程，还有工作要做，尤其是有效的指导设计教学计划和评测的方法。

目前开发的学习进程采用了多种方法来确定从朴素的想法和错误理解到广泛接受的科学解释和实践的学习表现发展走向图（National Research Council, 2007）。学习进程的开发一般有 2 种方法：基于学生学习特定材料的实证研究开发；由专家小组基于内容领域的逻辑分析和个人教学经验来开发（Duschl 等, 2011）。大多数学习进程是后者。研究者采用前一种方法把他们的进程作为研究学习者向学习目标发展过程中的阶段目标和台阶，而不是专家经验智慧的集成（Wiser、Smith 和 Doubler, 2009）。存在的问题是可能有一些错误的概念也被作为学业发展的阶段目标。Duncan 和 Rivet（2013, p396）指出：重要的是要区分科学上错误的概念（学生不应该建构的）和不准确的理解（学习过程中可以利用的，能够促进学习，发展更为深刻的理解）。

第二，学生的学习不是线性的或者一样的，因此学生可能持有与进程不一样的想法。研究显示，学生对于特定概念的个性化理解会随应用情境发生变化（Clough 和 Driver, 1986；Tytler, 1992）。虽然对于学生个体的研究可以显现进程，进程并不要求描述所有学生的学习轨迹。我们希望进程所做的是提供学生在形成大概念过程中的可能方法，并告知如何进行指导以达到此目标（Plummer, 2014）。

更成问题的是，利用基于这些数据的特定学习轨迹就可能会导致教学中的错误解释和错误的指导方法（Shavelson, 2009）。已经进行的为数不多的说明教师如何使用学习进程的研究发现，一些教师将学习进程作为简化的错误概念目录，而没有利用进程帮助他们了解学生知道的内容，以便更好地设计教学计划，开展教学（Furtak, 2012）。

第三，众所周知，学生的学习是与情境相关的。虽然一个学习进程描述了学生在学习轨迹中的可能路径，至关重要的是它依赖于教学环境（Corcoran 等, 2009；National Research Council, 2007）。因此，对于不同

的教学，我们也许会期望有许多可能的学习进程。然而，Krajcik (2011, p157) 认为，即使有多个途径，数量也可能相当少，因为这些可能途径在某种程度上受限于学科之间的逻辑、对学习的研究，以及推进学生发展的教学内容。

对于情境依赖的另一个方面是要学习的主题内容。碎片化的知识像是被拼凑在一个特定情境中，并且需要特定的解释，这些拼凑在一起的解释可能在，也可能不在学习轨迹中（如 diSessa, 1988）。

第四，有一种担心，学习进程太过复杂，对于授课教师，特别是缺少科学背景的教师，不够实用。众所周知，授课教师教授特定年龄段的课程内容。因此，可以使用简单实用的、评价等级相对较少的评价量表，而不是有很多等级横跨幼儿园到高中的学习进程。

混合了科学实践和核心概念的评价策略增加了这个问题的复杂性。学习进程的早期开发工作很少整合内容知识和科学实践（Duschl 等, 2011, p148）。然而，目前美国科学研究理事会建议学业预期应该指定学生所能做的内容，不仅融合了科学实践和核心概念，还包括那些确定的跨学科概念，在具体情境中解决特定问题等内容（National Research Council, 2014, p42）。这里就隐含了在设计形成性评测和总结性评测时都必须提供学生能够利用对学科核心知识和跨学科概念的理解能够参与探究实践的证据（National Research Council, 2014, p32）。这就需要不止一种活动来展示学生的学业成绩。评测任务也要包括多种成分，仅仅只有一种证据是不够的。例如，为了评测学生是否能够在某一核心概念的学习情境下开发和使用模型来支持解释结构与功能的关系，那就需要开发或者描述一个模型来支持他的论断，然后解释观察到的模型所描述的现象（National Research Council, 2014, p89）。

然而，对于探究式课堂中的形成性评测，围绕这 3 个维度的科学学习所开发的学习进程可能会吓倒缺少科学背景的教师。学习进程提供教学工具，指导教师开展探究导向的师生互动。只需要较少的而不是更多的进程发展

水平就可以。另外，还可能需要开发适合课堂教学层面的微观层次的学习进程（National Research Council, 2014, p91）。例如，教师需要能够回答以下问题。

- 本单元，希望学生从哪里开始，所要达到的终点是哪里？
- 学习路径中，什么是典型的过渡阶段的理解？
- 阻碍达到预设目标的常见逻辑错误或者替代概念有哪些，或者开始教学的资源有哪些？
- 在本单元教学中，需要发展哪些新的科学实践内容？

课堂评测工具需要能够获得学生理解水平的足够证据，以便判断他们在可靠的预定路径中的位置。还需要有下一步该做什么的指示（教学活动），以便保证学生持续地发展。中间过渡性的理解对于开发形成性评测或课堂上的评测工具特别重要。需要根据多种内容成分设计各种各样的任务（National Research Council, 2014, p87）。

第五，为了使学习进程对教师有用，大量的教师培训是必需的。Furtak 的一项针对中学教师的研究（2012）显示，一个学习进程确实能够帮助教师了解学生的想法，但是不能搭建教师回应学生的脚手架，或者支持教师根据评测调整教学（这是形成性评测的重要特征）。显然，学习进程需要其他辅助工具配合，帮助教师调整自己的教学实践，比如特定教学策略或者对于进程中特殊学生想法的回应方法。此外，Furtak 和 Heredia 的一项研究显示（2014），有教师共同参与开发的学习进程比已经制订好的、提供给他们的学习进程更有可能改变他们的教学实践，因为他们自己发展出的对于核心概念的理解被纳入到了教学计划和教学实践中。

◎ 结论

对于从事探究式课堂教学的教师来说，形成性评测是一个挑战。为了支持学生的学习，教师必须能够对学生的想法和探究能力

作出及时的反馈。同时, 必须保持科学探究的基本特征——基于实证证据的解释 (Millar, 2013)。

学习进程通过为教师提供了解学生想法的机会, 使教师有可能增加对于学生思维的认知。学生的这些想法是朝向大概概念或者核心概念发展的台阶。对于从事探究式课堂教学的教师, 进程提供了一个开发评测任务的框架, 这些任务要求学生们既要利用他们对于概念的理解, 也要利用探究技能。然而, 在开发进程并提高其对科学教师的实用性方面依然有大量的工作要做。开发的课堂教学材料要支持对学生想法进行回应的教学指导策略, 并成为形成性评测的有机组成部分。

参考文献

- Black, P., Wilson, M., & Yao, S-Y. (2011). Road maps for learning: A guide to the navigation of learning progressions. *Measurement: Interdisciplinary Research and Perspectives*, 9 (2-3), 71-123.
- Clough, E. & Driver, R. (1986). A study of consistency in the use of students' conceptual frameworks across different task contexts. *Science Education*, 70 (4), 473-496.
- Corcoran, T., Mosher, F.A., & Rogat, A. (2009). *Learning progressions in science: An evidence based approach to reform*. NY: Center on Continuous Instructional Improvement, Teachers College—Columbia University.
- Duncan, R. G. & Rivet, A. E. (2013). Science learning progressions. *Science*, 339, 96-397.
- Duschl, R., Maeng, S., & Sezen, A. (2011). Learning progressions and teaching sequences: A review and analysis. *Studies in Science Education*, 47(2), 123-182.
- Furtak, E. M. (2012). Linking a learning progression for natural selection to teachers' enactment of formative assessment. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(9), 1181-1210.
- Furtak, E. M., Thompson, J. Braaten, M., & Windschitl, M. (2012). Learning progressions to support ambitious teaching practices. In A. Alonzo & A. Gotwals (eds.). *Learning Progressions in Science: Current Challenges and Future Directions*, pp.405-433.
- Furtak, E. M. & Heredia, S. C. (2014). Exploring the influence of learning progressions in two teacher communities. *Journal of Research in Science Teaching*, First published online June 06, 2014.
- Krajcik, J. (2011). Learning Progressions Provide Road Maps for the Development and Validity of Assessments and Curriculum Materials.

Measurement: Interdisciplinary Research and Perspectives, 9 (2-3), 155-158.

Millar, R. (2013). Improving science education: Why assessment matters. In D. Corrigan, R. Gunstone & A. Jones (Eds.), *Valuing Assessment in Science Education: Pedagogy, Curriculum, Policy*, DOI 10.1007/978-94-007-6668-6-4, Springer Science.

National Research Council. (2007). *Taking science to school: Learning and teaching science in grades K-8*. Washington, DC: The National Academies Press.

National Research Council. (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. Committee on a Conceptual Framework for New K-12 Science Education Standards. Board on Science Education, Division of Behavioral and Social Sciences and Education. Washington, DC: The National Academies

National Research Council (2014). *Developing Assessments for the Next Generation Science Standards*. Pellegrino, J. W., Wilson, M. R., Koenig, J. A., & Beatty, A. S. (Eds). Washington, DC: The National Academies Press.

Pellegrino, J. W. (2012). Assessment of science learning: Living in interesting times. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(6), 831-841.

Plummer, J. D. (2014). Spatial thinking as the dimension of progress in an astronomy learning progression. *Studies in Science Education*, 50:1, 1-45, DOI:10.1080/03057267.2013.869039

Shavelson, R. J. (2009). Reflections on learning progressions. Paper presented at the Learning Progressions in Science (LeaPS) Conference, June 2009, Iowa City, IA.

Songer, N. B. & Gotwals, A. W. (2012). Guiding explanation construction by children at the entry points of learning progressions. *Journal of Research in Science Teaching*, 49 (2), 141-165.

Townsend, D., Adams, P., & White, R. (2010). *Successful Assessment for Learning Projects from AISI Cycle 3*. Downloaded from http://education.alberta.ca/media/6412192/research_review_assessment_2010/pdf

Tytler, R. (1992). Children's explanations of air pressure generated by small group activities. *Research in Science Education*, 22, 393-402.

Windschitl, M., Thompson, J., Braaten, M., & Stroupe, D. (2012). Proposing a core set of instructional practices for teachers of science. *Science Education*, 96, 878-903.

Wiser, M., Smith, C. L., Doubler, S., & Asbell-Clarke, J., (2009). Learning progressions as tools for curriculum development: Lessons from the Inquiry Project. Paper presented at the Learning Progressions in Science (LeaPS) Conference, June 2009, Iowa City, IA. ■