

寻找途径，将基于探究的科学教育与 技术教育连接起来

演讲人_Hubert M. Dyasi 翻译_陈 彧 / 中国科协“做中学”科学教育实验项目教学中心(东南大学)



Hubert M. Dyasi 教授，博士，是科学教师培养专家。他在非洲和美国承担过科学教育项目的设计和领导，还与地方教育主管部门、非营利组织及政府合作开发和实施了 5 ~ 14 岁儿童在正式和非正式环境中的基于探究的科学教育。

他是牛津大学和加州理工学院访问学者、美国国家科学教育学会会员和美国国家研究理事会 K—12 年级科学教育委员会成员。他在 2005 年因科学教师培养方面的工作而获得了探索博物馆的卓越教育者奖，在 2008 年获得了美国科学教师协会的科学教育杰出服务奖。为进一步认可他对基于探究的科学教育的贡献，美国科学教师协会邀请他担任了其奖项与表彰委员会主席，以及壳牌科学实验室挑战赛评委。

Dyasi 教授是国际科学院组织科学教育项目全球活动委员会成员，该委员会为基于探究的科学教育提供专业建议和领导。

我非常高兴参加这次会议。能在这里发言，我感到非常荣幸。我也十分高兴与基于探究的科学教育 (Inquiry-based Science Education, IBSE) 及技术教育界的杰出学者一起站在这个讲台上。我向他们在这一领域的前沿与基础工作致敬。

下面，我将聚焦于 14 岁以下儿童的教育。这一年龄段的儿童也处于学校并不开设技术课的年级。我将解答以下问题：

- 我们是怎样定义 5 ~ 14 岁儿童的 IBSE 的？
- 我们是怎样定义技术教育的？
- 这两类教育之间可以建立怎样的连接？
- 在连接这两类教育时会遇到哪些问题？

◎ 我们是怎样定义 IBSE 的

国际科学院组织 (Inter-Academy Panel, IAP) 科学教育项目 (Science Education Program, SEP) 已经对 IBSE 作了如下陈述：IBSE 意味着学生通过学习如何

做研究及如何建立他们对周围世界的认识和理解，来逐步发展关键的科学概念（Wynne Harlen, 2013, p12）。在此之前，美国国家研究理事会的《国家科学教育标准》将 IBSE 类似地描述为“学生的活动——在这些活动中，学生发展对科学概念的认识和理解，以及对科学家如何研究自然世界的理解”（National Research Council, 1996, p23）。

根据 IAP / SEP 的陈述，IBSE 的主要维度有：

- (1) 关键科学概念；
- (2) 学生对科学家如何研究自然（和人工）世界及如何建立他们对世界的认识的理解；
- (3) 学习者的活动；
- (4) 学生（1）和（2）的逐步发展。

虽然我将这些维度分别列出，但它们实际上是紧密相连的，正如图 1 中表现的那样。

数年以来，IBSE 和《国家科学教育标准》都有了发展。比如在美国，《K—12 年级科学教育框架：实践、跨学科概念与核心概念》（以下简称《框架》）将科学教育的维度分解为核心科学概念、跨学科概念、实践，以及学习进程，请参看图 2。

这个模式中缺少教学法，但这并不是一处疏忽。教学法不在《框架》开发团队的任务范畴中。

IBSE 的关键科学概念

对于学校科学课程应教授哪些关键概念或核心概念，有一个大体上一致的意见。这些概念包含于生命科学、物质科学及地球与空间科学中。我在这里不想分别罗列这些学科的概念，而是要说一说什么是核心概念。根据《框架》，一个核心概念应当具备以下特征：

- 对多个科学或工程学科具有广泛的重要性，或者是某个学科的关键组织原则；
- 为理解或研究更复杂的概念和解决问题提供关键工具；
- 与学生的兴趣和生活经验相关，或者与社会或个人关注的需要科技知识的问题有联系；
- 能在多个年级中逐渐深入和复杂地教与学。

（National Research Council, 2012, p31）

除了各个科学学科的核心概念外，还有

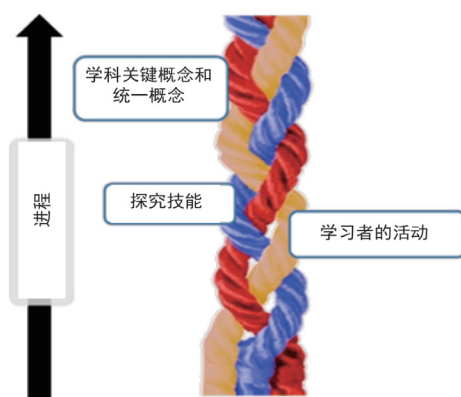


图1 相互交织的IBSE 维度

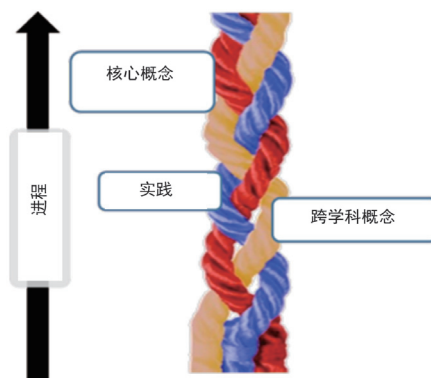


图2 核心概念、跨学科概念、实践与学习进程的整合

一些科学概念是跨越所有学科的。《国家科学教育标准》将它们称为“统一概念和过程”

（National Research Council, 1996）；而较新的《框架》称它们为“跨学科概念”。它们包括模式，因与果，尺度、比例与数量，系统与系统模型，能量与物质，结构与功能，稳定与变化（National Research Council, 2012）。这2个文件都认为，科学课程的内容还包括工程、技术和科学的应用，以及科学史。

科学探究技能（或科学实践）

在美国，《国家科学教育标准》非常清楚地阐述了国家研究理事会对科学探究教学的态度：学生在所有年级和各个科学领域都应当有机会进行科学探究，发展与探究相应的思考和行动能力，包括提出问题，计划和开展研究，使用合适的工具和技术去采集数据，批判和有逻辑地思考证据与解释之间的关系，建立

和分析可能的解释，以及科学辩论（National Research Council, 1996, p105）。

类似地，在 IAP / SEP 的 IBSE 架构中，科学探究技能包括“提出问题，搜集数据，根据已掌握的知识推理和审查证据，作出结论和讨论结果”（IAP, 2012）。正如我已经指出的，在《框架》中，科学探究技能演变为科学实践。这一演变意在强调科学探究与核心概念、跨学科概念的不可分割的联系。这样做也是为了强调科学探究不是学生必须学习的一组机械技能，而是有智力、体力和情感参与的活动，并且这样的活动是与逐步深入地理解科学概念密切相关的。科学探究技能和科学实践不是有待教授的学科，也不是一套需要遵从的科学方法，它们是科学家看待和理解世界的方法的一部分（请参阅 National Research Council, 2012, 1996; New York State Department of Education, 1996; Massachusetts Department of Education, 2006）。

课堂活动 / 教学法

我以上说的这些关于 IBSE 的内容并不能真正发挥作用，除非将它们嵌入教学之中，而这样的教学应当是忠实于科学概念的，忠实于科学家研究自然世界的方法的，以及忠实于儿童的学习方法的。有了这样的教学法，科学课堂就会像科学探究社团一样组织和实施，就会形成这样的一种学习环境：教师、学生、自然现象及其他教学资源结成有效的、动态的合作关系。在这种合作关系下，学生能习得关键科学概念，掌握关于科学家如何研究自然（和人工）世界，以及如何建构他们对世界的认识和理解的知识 and 实践。在这样的课堂上，学生在科学探究的各个方面都能拥有第一手的学习经验。除此之外，他们也很有希望学到科学价值观和态度。换句话说，学生不仅能发展科学兴趣和对科学的正确认识，还能形成“诚实，用证据和逻辑来作出判断，乐于探索新想法，以及对复杂问题的简单答案持怀疑态度”（Alberts, 2009）的价值取向。

学习进程

毋庸置疑，IBSE 的学习经验应当与儿童的发展保持一致。这就意味着，在学生的各个

发展阶段，IBSE 的学习经验只在复杂程度上有差异，而没有类型上的区分。因此，探究式学习是在儿童的所有发展阶段都合适的，不过学习经验必须依据学习者的发展而逐渐地在深度和细节上有所提高。

在设计科学学习经验时，学习进程的轨迹必须被识别和得到尊重。它必须基于“有经验基础的、可测试的假定，这些假定描述的是学生对核心科学概念、科学解释及相关科学实践的理解和使用能力是如何在适当的教学支持下增长和更趋复杂的”（Corcoran 等, 2009, p8）。这些假定中的一部分在好几十年前就为人所知，并且已经影响了科学教育的教学法决策。瑞士认知学家 Jean Piaget、美国的 Jerome Bruner 及哈佛大学的 Eleanor Duck 是在这一领域工作过的学者的 3 个例子。当前，在众多学者中，英国的 Robin Millar 和他的同事的研究，以及位于纽约的教师学院的 Tom Corcoran 和密歇根州立大学的 Joseph Krajcik 领导的研究正在为科学教育学者们提供经验数据，这些数据是作出实施学习进程的决策所需的基础。

核心科学概念、科学探究技能及学习进程可以被整合进大多数科学课中。下面是一个好的案例。

这是一个围绕池塘开展的探究式学习。学生对在池塘中发现的各种生物体进行科学研究，从而习得结构与功能的概念、池塘及其周围环境组成的生态系统中的相互依存关系，以及生物适应性的实例。他们也能开始理解不同物质类型之间的交互作用、变化与稳定，以及能量循环对池塘中的生物和非生物的影响。在整个围绕池塘开展的与年龄相适应的科学学习中，学生将会用到我在前面提到的几乎所有探究技能或科学实践。在每一个研究环节，学生还会大量地使用科学工具，诸如质量、长度和面积的测量工具，光学仪器（放大镜、显微镜），计算机，以及测定 pH 和测算池塘种群密度的工具和方法。

对我的报告的这一部分作一个小结：IBSE 的目标是逐步发展对这个自然的和人工的世界的认识和理解；它的动力来自好奇心，以及一种创建心智模型来解释和预测这个世界的渴

表 1 IBSE 和技术教育的维度

IBSE	技术教育
理解关键科学概念	发展关于技术的基础知识——技术是如何运作的，技术在这个世界上的位置
学生对科学家如何研究自然（和人工）世界及如何建立他们对世界的认识的理解	顺利地设计和使用技术产品所需的能力、技巧或实践
以教育者、学习者、自然和人工世界之间的积极合作关系为特点的课堂	互动式的课堂活动
学生的逐步发展	学习进程

望；它的发展模式是科学实践。

◎ 我们是怎样定义技术教育的

技术教育的焦点是学习“人类是怎样改造他们周围的世界，以满足他们的需求和希望，或解决实践中的困难的”（International Technology Education Association, 2007, p22）。《框架》将技术定义为“为了实现人类的需求或愿望而对自然界的任何改造”（National Research Council, 2012, p202）。因此，技术教育包含以下维度：

- 关于技术的基础知识——技术是如何运作的，以及技术在这个世界上的位置；
- 顺利地设计和使用技术产品所需的能力、技巧或实践；
- 互动式课堂活动；
- 学习进程。

除了目标不同以外，IBSE 和技术教育有着相似的维度。表 1 展示了这种相似性。

正如在 IBSE 中那样，技术教育的 4 个维度也是相互交织的。

关键的技术“概念”

美国的许多州，比如纽约州、马萨诸塞州和密歇根州，都开发了包含技术教育的科学教育标准。下面我以综合的《纽约州数学、科学和技术学习标准》（New York State Department of Education, 1996）为例。这一标准确立了 7 个相互关联的领域：技术/工程设计；工具、资源和技术流程；计算机技术；

技术系统；技术的历史和演变；技术的影响；技术的管理。

作为这些技术领域之基础的是关键的或核心的技术“概念”。《技术素养标准》概括出 6 条概念：

- 系统（技术的各个部分的同步性）；
- 资源（工具、材料、数据、能量、资金、时间、人力资源等）；
- 要求（产品参数）；
- 最优化和权衡（开发一个设计或产品以使它最有效地实现功能，或在各个品质项之间选择和变换优先考虑的因素）；
- 流程（设计和完成一个产品所要采取的行动）；
- 调控（引起技术系统中的变化的装置，例如恒温器）。

（International Technology Education Association, 2007, p32—33）

这些与科学教育中的关键概念并不是同一意义上的概念。它们与 IBSE 的统一概念及过程拥有更多的相似性，而非类似于具体科学学科的概念。它们也不是技术教育中需要教授的具体主题，而应当自然地贯穿于所要学习的各个技术领域或有待解决的问题之中。

◎ IBSE 和技术教育之间的可能连接

学生在 IBSE 中学习的自然和人工世界的任何一个方面都可以成为技术教育的合适情境。那么，一个重要的问题就是，上面提到的几个技术领域中的哪一个是相对于其他几个领

域而言最基础和最有用的呢？我对这个问题的回答是我这一报告的核心。我必须提醒大家，在许许多多年前，人们对科学教育也提出了这个问题，最终的答案是科学探究或科学实践扮演着这个重要的角色。我的观点是，在技术教育中，技术／工程设计承担着这一任务。《技术素养标准》肯定地说，技术／工程设计之于技术，正如科学探究之于科学。我同意这个说法。科学通过科学探究而成长和发展，同样，技术要想得到最好的发展，就应当将设计作为一个问题解决过程的重心。

IBSE 的实践和技术／工程设计的实践有很强的平行性。

- 提出需要解答的问题（科学），明确需要解决的问题（工程）

- 开发和使用模型
- 计划和开展研究
- 分析和解读数据
- 使用数学和计算思维
- 建构解释（科学），设计解决方案（工程）
- 参与基于证据的辩论
- 获取、评价和交流信息

(National Research Council, 2012, p49)

技术设计还拥有一些具有吸引力的元素，能进一步强化学生的 IBSE 学习经验。技术设计是“有目的的、以一定要求为基础的、系统性的、反复性的和创造性的，并且对于一个问题有许多可能的方案”（International Technology Education Association, 2007, p91）。

技术设计的教学法与 IBSE 的教学法也可以相互匹配。在有效的技术教育中，学生获取第一手的技术设计经验，并使用技术产品。类似地，在科学学习中，学生也使用技术产品。需要技术设计的问题可以从学生的科学探究活动中有机地获得。举个例子，如果学生正在对一个池塘进行广泛的科学探究，正如我前面简要提到的那样，他们非常感兴趣，兴致勃勃地要做长期的探究，可是却没有更多的现场研究机会了。这时他们就会面临一个现实问题：我们怎样设计和制作一个相似的池塘，让我们在整个学年中都能在教室里开展科学探究呢？这样的问题需要一个技术解

决方案，并且它为学生提供了一个机会，来设计和建立一个基于教室的生物饲养箱，尽可能地复制一个自然状态的池塘和它周围的环境。这里有一个具有重要价值的教学契机：学生可以在与教师的合作下自己提出问题，并且自然也有动力去解决问题。

以这个生物箱问题为情境，学生的学习活动就可以变得具体，并且调动起建模、实验、观察、研究、分析和故障排除等技术设计实践（International Technology Education Associations, 2007, p114），以及我在前面提到的技术／工程设计实践（见本页左栏的 8 条实践列表）。

我在前面引用的 6 个技术“概念”（见第 13 页的 6 个概念列表）也能够发挥作用。例如，学生必须考虑组成生物箱的各个部分及它们的相互关系。他们必须找出制作生物箱所需的资源，比如材料、工具、时间，以及拥有相关知识的、可以提供建议的人。此外，他们要决定生物箱的参数，如尺寸、重量和美观程度。最好的生物箱应该是一个全封闭的、完备的、自我维持的系统。但满足这一标准的设计和构造是难以实现的，因而学生必须对池塘的尺寸、池塘中和池塘周围的生物体及环境因子的多样性，以及人工的或自动的调控机制等作出权衡。最后，他们必须清楚地说明自己的设计，接着把它们制造出来。这样，借助一个 IBSE 的学习课题——池塘，技术教育的主要维度就被整合在一起了。

技术设计是连接 IBSE 和技术教育的一条途径，但我们也不能完全忽视其他有效的问题解决策略。这些策略包括创新、研发及实验。

◎ 连接 IBSE 和技术教育所面临的挑战

最后，我简要谈一谈在将 IBSE 与技术教育连接起来时需要面对的挑战。

过于拥挤的课程和教室

小学教育似乎更加重视阅读、写作和数学（或算术），科学学习是很少的，或者完全缺失。这一阶段的科学课程，教学大纲太长，教学内容太多，而且没有为学生留下空间去参与有意

义的探究式学习。在科学课上占主导地位的是教师的讲授和演示。为这种情况作辩护的常用理由是它使教师能够“覆盖教学大纲”。但是，这带来一个问题：通过听讲和像照着烹饪手册做菜那样做实验，学生能否发展对科学及科学实践的理解？

许多中小学课堂都挤满了学生。40 ~ 60 人的课堂规模在许多第三世界国家是十分常见的。在这样的情况下，组织和引导有效的探究式科学课，以及将技术设计元素融入其中实在是一个巨大的挑战。

教师的教学法

5 ~ 14 岁儿童的教师所接受的科学教育往往有所欠缺，不论是对于科学概念还是科学实践。结果，他们的教学实践与有效的 IBSE 所需的教学法不能一致，在这个阶段将技术设计教学包含到科学课中超出了他们的能力范围。而与此相对的是，这一年龄段的学生和他们的教师其实都非常熟悉一些低技术含量的、可以作为学习起点的产品，用来学习技术设计和技术产品中科学概念的使用。比如运动场上的各种器材就蕴含着许多力学知识的应用案例，而这样的教学契机却被课程和教师局限的科学教与学视野忽视了。

考试

请允许我重申，IBSE 的优势在于它能发展学生对核心科学概念的理解，以及对科学探究技能（或实践）的掌握。因此，在 IBSE 中，虽然了解科学事实很重要，但同样重要的是要了解我们是怎样知道那些事实的，以及它们在形成核心概念和建立对自然及人工世界的科学解释与预测上所起的作用。许多国家采用学年末考试来评测学生在科学学习上的进展，决定学生能否从一个年级升入下一个年级，这样的考试是高风险的测试。它们常常聚焦于对许多不相关联的科学事实的记忆，而较少关注从证据到科学解释的推理。这对于 IBSE 的目标而言是不幸的，IBSE 强调的正是这类考试所忽略的。

不公平的资源分配（资金、空间、材料、设备）

许多国家都被不公平所困扰。比如，农村学校缺乏好的教师和充足的教学设备，学生不得不走很远才能到达最近的学校。即使是城市里的学校，也有可能师资力量上遭遇一些相同的问题。在这样的情形下，学校没有能力提供高质量的教育，或在课程中为 IBSE 留下空间。

尽管存在这些和其他挑战，在 IBSE 和技术教育间建立连接仍然是有可能的，正如在许多国家中发生的那样。我将它们指出来，是为了请教育政策制定者和管理者重新审视国家的教育重点，支持真正的和有效的 IBSE 及技术教育的实施，正如我们在国际科学院组织科学教育项目中考虑的那样。

参考文献

- Alberts, A. (2009). *Restoring science to science education*. The University of Texas at Dallas, Richardson, TX: Issues in science and technology, Summer 2009, p. 77–80.
- Corcoran, T., Mosher, F.A. & Rogat, A. (2009). *Learning progressions in science*. Philadelphia: Consortium for Policy Research in Education.
- Harlen, W. (2013). *Assessment & inquiry-based science education: Issues in policy and practice*. Global Network of Science Academies (IAP) Science Education Programme (SEP): www.interacademies.net/activities/projects/12250.aspx
- IAP (2012). *Taking inquiry-based science education into secondary education: Report of a global conference*. <http://www.sazu.si/files/file-147.pdf>
- International Technology Education Association (2007). *Standards for technological literacy: Content for the study of technology*. Reston, Virginia: International Technology Education Association.
- Massachusetts Education Department (2006). *Massachusetts science and technology/engineering framework*. Malden, MA: Massachusetts Education Department.
- National Research Council (1996). *National science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- National Research Council (2012). *A framework for K–12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, DC: National Academies Press.
- New York State Department of Education (1996). *Learning Standards for Mathematics, Science and Technology*. Albany, NY: New York State Department of Education. ■