

IBSE 与 STEM 教育：在支持教师时面临的挑战与机遇

演讲人_Derek Bell 翻译_陈 或/中国科协“做中学”科学教育实验项目教学中心(东南大学)



Derek Bell 教授是教师、研究员、顾问，是改善和充实面向所有人的教育的倡导者。他曾经在中小学和大学任职，然后成为了英国科学教育协会的首席执行官，以及惠康基金会（Wellcome Trust）教育事务的负责人。在整个职业生涯中，他始终对完善科学教与学及帮助儿童发展对周围世界的理解保持着强烈的和积极的兴趣。他是以利物浦大学为班底的“科学过程和概念探索”（SPACE）项目的梯队成员，以及纳菲尔德小学科学项目（Nuffield Primary Science Project）的协调人。

Bell 教授在英国和国际教育界一直非常活跃，他从事着咨询（Campanula Consulting 咨询机构）、委员会和顾问工作，也发表了广泛的著作。他热心于通过教育和工商业之间的合作来加强科学、技术、工程和数学的联系。目前，他是 IBM（英国）信托及公益组织“理解动物研究”（Understanding Animal Research）、“细胞中心”（Centre of the Cell）的董事会成员，是国际科学院组织全球教育委员会成员，也是欧盟青少年科学家竞赛（European Union Contest for Young Scientists）评选委员会成员。他是非营利组织 LEARNUS 的理事会主席，是教师学院（the College of Teachers）教育学教授，以及伦敦大学教育研究所访问研究员。他在 2011 年被曼彻斯特城市大学授予教育学荣誉博士学位。

科学、技术、工程与数学（STEM）紧密相关，这是不证自明的。但是，在这一协同性之外，我们也需要认识到它们之间的差别。在这里我不想复述对这些差别的分析，不过，参考 2006 年发布的具有引领作用的《马萨诸塞科学与技术 / 工程课程框架》^[1]，我们可以建议：

- 科学寻求对自然世界的理解，并且常常需要新的工具以协助寻找答案；
- 工程使用科学发现来设计满足社会需求的构造、产品和工艺；
- 技术（产品和工艺）是工程设计的结果。它们由技术人员创造，用于满足社会需求和愿望；
- 数学支撑着其他学科，它是对现象进行量化、对系统行为进行建模和预测，以及对工艺的效率进行测量的一种途径。

虽然这 4 个学科紧密相连，但它们在被教给年轻人时大多是割裂的，常常包含相同的概念或使用相同的材料，却缺乏对一个或多个其他学科可能提供的视角的关照。事实上，世界各地的许多课程标准仍然是在不同的文件中分别对这些学科的要求作出规定的。

◎ 目标：STEM 素养

简言之，在学习生涯中，年轻人应当发展——我们可以称之为——STEM 素养。这至少应当包括理解科学发现可以怎样被用来制造直接对他们生活产生影响的产品，例如石墨烯或药品等新材料的开发。

加强对 STEM 在年轻人生活中的作用的理解不仅可以通过更具均衡性和综合性的教育而使学生个人获益，也有助于为教师和学校提供契机来实施具有创新性的教学方法。更广泛地看，它还有利于工商业，因为它使更多的年轻人和更广阔的人群了解了 STEM 在满足日常需求和应对可持续发展、安全、卫生和粮食供给等全球性挑战上所具有的价值。

世界各地有许多学习项目，在这些项目中，年轻人通过基于探究和解决问题的方式来应对专为他们而设置的挑战，从而增进学习——通过这种途径，STEM 各学科的不同方面被整合到一起。但是，将必要的 STEM 素养融入面向所有年轻人的教育方案却是一件需要克服许多巨大障碍的艰难任务。它提出了许多问题，诸如“这在实践中意味着什么”“它应该取代现有的科目吗”“新的方案会是什么样的”。在所有这些问题背后的，是教师的质量和职业素养，无论是学校的教师还是课外科学场馆的教师。对于将这类活动作为常规课堂、课后俱乐部或学生项目的一部分的教师而言，现有的学习项目中几乎没有明确解决他们的需求的。本文基于以下假定：促进 STEM 素养和教育的学习方案能否成功实施，最终要以教师的专业素养为基础。

◎ 教师的挑战

在教授“自己的学科”时，所有的教师都感到最为舒适，他们的教学也是最有效的。但如果不得不超出自己的学科范围教学，他们就没那么自信，而且他们对教学内容的认识和理解就很可能不那么深。这对于小学（5～11岁）教师而言尤其是一项挑战，但是许多大孩子的教师在被要求教授自己学科之外的内容时也会

经受同样的焦虑。

教师必须战胜的困难不仅仅是缺乏知识那么简单，他们还需要理解各个学科的教学法。很明显，无论什么学科，教学总有许多共同的元素，但是各个学科已经基于人们对它们的基本原理的普遍认识而发展出自己的教学方式。举个例子，科学研究的目标是对研究中的现象形成更深入的理解，而技术和工程的目标是开发一个产品来满足实用性和美学两方面的特定条件和需求。两类学科都需要一种“解决问题”的方式，但处理和评价任务的方式却是不同的。对于从一个学科转向另一个学科的教师来说，他们并不能照搬原来的教学方法。

除了学科间的不同之外，学校及其他机构的工作实践，诸如时间安排、课程与评测规定、考试要求、可用的资源与时间，都需要作出让步才能为学生提供具有吸引力的 STEM 经验。或许最值得担心的是，“虽然 STEM 学习及其能带来的积极成果具有重要意义，但大多数教师既没时间也不指望在这些学科——哪怕是最紧密相关的学科——之间建立联系”^[2]。从学生的视角看，这可能会被误解成他们往往不能够自己建立联系，因而不能对他们正在研究的现象形成更全面的解释和理解。

尽管有诸多约束，但让年轻人用不同学科的技能 and 知识去解决“生活中的真实问题”的机会越来越多了。现在我将力图通过 1 个英国的案例研究，来简要分析教师面临的挑战，并特别关注以下问题：

- 我们能在多大程度上为教师提供机会，来发展在科学、技术、工程和数学间建立联系所必需的知识、技能和态度？

- 我们可以怎样帮助教师来最大化地为年轻人提供发展 STEM 素养的机会？

◎ 案例研究：卡姆登 STEM 行动^[3]

惠康基金会（Wellcome Trust）^[4]是英国的大型慈善基金会之一，它坐落于伦敦卡姆登区，除了资助生物医学研究外，也支持英国的科学教育。卡姆登区的人口有着复杂的种族和社会经济背景，但该区同时也拥有

一些享有很高声望的机构，如大英博物馆、大英图书馆、伦敦大学学院和伦敦动物园。尽管坐拥如此丰厚的财富，卡姆登区的许多年轻人却从没体验过它们能为自己的学习和生活提供的福利。在这样的背景下，惠康基金会在2008年设立了1项研究，以探索中学（11~18岁）可以在多大程度上向学生提供跨学科的STEM经验。在众多发现中，这项研究的一个关键发现是，“教师颇费一番周章才能知道应选择什么活动，并且他们有时会缺乏将自己的选择付诸行动的能力”（Straw等，2012）。

这引发了1个为期2年（2009—2011年）的项目，在这个项目中，卡姆登的中学被邀请与惠康基金会合作，探索途径来提升STEM活动的规模和质量。除了提供能促进学生参与STEM学习的活动外，这一项目还致力于识别有助于或阻挠这些活动获得成功的因素。

8所中学接受了邀请，并提交了方案以获得高达1万英镑的资助，这些资助将用于在他们的学校以更连贯的方式加强和巩固STEM学科间的联系。该项目的一个重要元素是学校 and 教师可以自由地设计自己的方法来满足自己学生的需求。英国国家教育研究基金会（NFER）作为独立于该项目的机构对它进行了全面的评价（Straw等，2012）。该项目的总体成果体现在下面来自学生的评语中。

- “当你看到这些学科是怎样一起运作的时候，你就会愈发觉得它们重要了。”
- “如果人们意识到他们所做的每件工作都需要数学——并且常常需要科学，事情就会不一样了。”

也体现在这个结论中：“总体而言，8所学校全部取得了令人瞩目的进展……使学生、教师和学校获益。颇具有效性、协作性和参与性的实践的实质性证据在跨学科STEM活动的实施中呈现了出来。”（Straw等，2012）

各个学校通过一系列方式来达成项目的要求，包括修改自己的课程从而提供更具协作性的课程设计与教学，以及，最常见的是，在

课外俱乐部中引进更广泛的跨学科活动，设立“STEM日”或开发由学生自己的时间里完成的STEM课题。

◎ 成功的因素

毋庸置疑，卡姆登行动获得成功所依靠的是参与这一项目的教师对学生所面临的挑战和他们的热情所作出的反应。此外，对于有些教师而言，也离不开资助，以及使他们得以遇到能帮助他们设立活动的人的机会。但是，对于几乎所有教师来说，感受到“获准”去做他们曾经一直想做的事情，是他们愿意参与到项目中的一个关键因子。即使遭遇到上面提到的种种挑战，这些教师也找到了途径去成功地开展STEM活动。

进一步思考教师们为什么能获得成功，我们可以发现6个不可或缺的重要因素。

上级领导的支持

当教师要去做“有一点另类”的事情时，他们需要校长和学校的高层领导团队的支持。这在任何情形下都是事实。而如果教师所要求的涉及教学计划的安排，比如打断时间表和教学科目，这样的支持就更加重要了。高层领导团队的鼓励不仅有助于实施活动，也有助于建立教师的自信。

充足的资源

新的活动需要时间、人员、物料和资金等形式的投入。虽然卡姆登行动提供了一些资助，但仅靠这些资助是不能使项目获得成功的。学校自身必须承担起为教师提供必要支持的义务。这包括购置新设备，也包括允许教师参加持续专业发展课程或访问其他学校、与那里的同行交流。

任命1名STEM协调员

在大多数学校，任命1名STEM协调员被证明是至关重要的。这有2个原因。首先，这一职位的设立有助于将组织跨学科STEM活动和引导未来发展的职责落实到位。其次，这一职位通过找出各学科间的关联和特定课题的可能教学法等途径来帮助教

师建立信心。

分配课程设计的时间

在世界各地的教师中，最普遍的抱怨之一就是“我们没有足够的时间”。在卡姆登行动中，这个问题很快就被意识到了，并且学校将安排设计 STEM 活动的时间作为一个优先完成的任务。惠康基金会定期举办由所有学校的教师参加的会议，以便教师们有机会去交换想法和分享他们对遇到的问题的解决方案，从而补充他们在校的设计时间。这一做法也对下一个因素形成了贡献。

合作而开放的工作环境

教师也许是一个孤独的职业，但学习是一项合作完成的活动。教师教授自己的科目，而几乎不与教授其他科目的、即使是在同一所学校中的同事交谈，这样的现象太普遍了。卡姆登行动获得成功的一个关键因素正是开放而合作的工作方式。通过这种方式，教师会尊重彼此的知识和专业素养，因而能建立起自信。更重要的是，他们并不害怕承认他们不知道一些东西，尤其是对于他们自己学科之外的东西。他们认识到，他们中的每一个都能为解决手中的问题作出一些贡献，而且通过一起工作他们能更好地找出解决方案。最重要的是，这种合作的工作和学习方式是由学生选择的。许多学生都认识到，一个学科的概念常常能帮助他们理解另一个学科。

跨学科工作团队

如果缺乏充分的支持或缺少合适的人的参与，跨学科的工作就会面临巨大的失败风险。卡姆登行动的另一个成功因素就是在几所学校设立了跨学科工作组，并为他们开会和一起工作创造了时间。最为有成效的是，工作组不仅包含科学、技术和数学教师，还包含一系列拥有不同专业类型和水平的其他职业者，例如职业咨询师和工业界人士。将拥有学科之外视角的人引进工作组，能使教师更好地理解 STEM 可以怎样联系到学生的就业机会，或 STEM 活动怎样与——举个例子——特定工业的制造工艺关联起来。与这样广泛的人群建立联系也能

增加学生参观以某种方式用到 STEM 的不同工作场所的机会。

◎ 教师的机遇

“教”教师“怎样做 STEM”几乎是不可能的。在我看来最好的途径就是让他们参与到像卡姆登行动那样的项目中去。这种途径向教师提供了多样的机会，使他们不仅能理解 STEM 这样的跨学科活动可以怎样实施，还能提高自身的专业素养和信心。通过参与这样的项目，教师得以在下列诸方面收获经验，从而得到高质量的持续专业发展。

- 实施新的教学方式；
- 与不同学科的同事一起工作；
- 拥有发挥领导才能的机会；
- 得到参观访问的机会和专门的培训课程；
- 建立与外部机构，比如企业、热门参观场所、其他学校的联系；
- 评估新的教学方式的实施过程和结果。

这些经验中的每一项都要求教师深化他们的学科知识和教学法知识。它们为教师设置了需要克服的挑战，不过，在同事及必要时外来专家的支持下，教师们是有能力应对这些问题并找到自己的解决方案的。最后，在跨学科的团队中工作有助于教师传达给学生这样的价值观：在全面地解决问题而非仅仅学习要在考试中复述出来的一堆事实时，每一个人都有贡献。

参考文献

- [1] Massachusetts Science and Technology/Engineering Curriculum Framework. <http://www.doe.mass.edu/frameworks/scitech/1006.pdf>, p81
- [2] Wellcome Trust (2012). *Working together: making STEM happening in secondary schools*. London: Wellcome Trust. <http://www.wellcome.ac.uk/About-us/Publications/Reports/Education/WTVM055659.htm>
- [3] Straw S, MacLeod S and Hart R (2012). *Evaluation of the Wellcome Trust Camden STEM Initiative*. Slough: NFER. <http://www.wellcome.ac.uk/About-us/Publications/Reports/Education/WTVM055659.htm>
- [4] 访问 <http://www.wellcome.ac.uk/index.htm> 获得关于惠康基金会的更多信息