

工程学在基础教育中的地位和作用

刘恩山

(北京师范大学生命科学学院, 北京 100875)

[摘要] 工程学是通过设计、制造和维护人造物品和技术系统来改变自然环境的专业, 它所构建的人工世界已经把今天的地球装扮得更加美好。随着全球经济竞争力与创新的联系越来越紧密, 工程学在当今社会比以往任何时候都备受关注。工程学进入基础教育, 其在创意、设计、实践等方面的要素可以极大地丰富课程的内涵和育人价值, 使包括科学在内的相关课程在培养学生创新、实践和问题解决能力上有了最直接的支撑点, 为教育理想和课程目标的实现提供了更加有效的途径。进入 21 世纪后, 以工程学为主角的新课程已经隆重登场并取得了令人鼓舞的效果。在我国, 2017 版小学科学课程标准和即将颁布的高中生物学课程标准已经将工程学作为独立的学习领域或模块纳入课程的内容标准。高质量地落实相关课程的要求并将工程学以多种途径融入中小学课堂, 需要数理学科教师、学校主管、课程设计和教育决策人员对工程学有足够的了解, 并能够重新审视工程学在基础教育课程中的地位和作用。

[关键词] 工程学 工程学教育 基础教育

[中图分类号] N4 **[文献标识码]** A **[DOI]** 10.19293/j.cnki.1673-8357.2017.04.001

2017 年初, 教育部颁布了小学科学课程标准。在小学科学课程标准多个亮点之中, 最为突出的变化和新意是内容标准中明确地提出了“技术与工程领域”的学习要求^[1]。几乎与小学科学课程并行发展, 在 2017 年已经定稿的高中生物学课程标准中^[2], “生物技术与工程”也作为一个独立的选修模块安排在内容标准之中。这是我国科学教育发展中一个重要的、跃升性的进步, 标志着工程学已经进入我国基础教育的国家课程。这不仅对我国小学、初中和高中的理科课程发展有着重要的引领作用, 对工程学以不同方式进入中小学课堂也有积极的促进作用。由于工程学固有的学科属性及其在基础教育中特有的教育价值, 这一变

化所代表的改革趋势需要科学教育工作者和教育决策者给予高度重视, 并在落实课程标准要求、加强工程学融入中小学课堂的工作中持续推进, 大力发展。

1 基础教育中的工程学

工程学对于许多学生、教师、学校领导及课程决策人员来说都十分陌生, 这样的情况即便在美国等教育发达国家也是如此。与数学、物理学、生物学等数理课程相比, 工程学是基础教育课程中“校龄”最短的学科。以至于一些理科教师也会认为, 工程学应该是职业教育学校或高等院校特定学科的课程。在思考工程学进入基础教育课堂的问题前, 有必要明确什

收稿日期: 2017-08-06

作者简介: 刘恩山, 北京师范大学教授、博士生导师、高中生物学课程标准研制组负责人, E-mail: liues@bnu.edu.cn。

么是工程学及其学科价值。

工程学 (engineering) 也可称作“工程”，是通过设计、制造和维护人造物品和技术系统来改变自然环境的专业。工程学的宗旨与自然科学不同，科学的目的是揭示自然的规律，而工程学的努力在于引发变革，因此力图改进是工程实践的核心。工程学有诸多门类，如化学工程、土木工程等。

工程学是当今世界非常重要的学科，人们将通过研究、实验获得的科学、数学及实践等方面的知识以直觉或判断等方式来发展更加高效的方法、新的材料或能够改变自然的力量，并以此来造福人类。工程学从根本上来讲是一种解决技术问题的系统方法。工程学是一个独特的行业，它所构建的人工世界已经把地球装扮得更加美好并适合人类生存。

对于工程学的定义或解释有诸多版本，从基础教育的视角看，工程学是通过迭代设计对材料和技术完成优化，以满足在给定约束条件下的某些需求。在工程学中，工程师是最重要的角色，他们运用系统的过程、数学工具及科学知识来开发、建模、分析、改进特定问题的解决方案。工程学用于诸如能源、生物医学和航空航天等领域中创造或改进产品，如风力发电机、心脏起搏器和通信卫星等。

工程学科将科学原理与应用导向的研究相结合，提供给人们创造、获取新知识的系统和过程。这种整合使工程学对于成功的工业创新至关重要。工程技术创新能有力促进经济发展，使得技术创新一直是各国经济增长和繁荣的关键，而工程学则是这一创新的重要动力。随着全球经济竞争力与创新的联系越来越紧密，工程学在当今社会显得比以往任何时候都备受关注。

工程学的另外一个重要价值是当今世界面临的许多重大问题需要工程学的专业知识和途径来解决，如气候变化、人口增长、能源

短缺、清洁饮用水的获得等。这些问题的化解对我们的健康、幸福和安全至关重要。由于工程学对人类社会的不可或缺的作用，世界对工程学的价值倍加关注和重视。

2 工程学进入基础教育意义深远

除了在经济发展和进步方面的巨大作用，工程学在基础教育中的作用在过去的20年间也逐渐被人们所认识和关注，其根本原因是工程学属性决定的。工程学中创意、设计、实践、产品等重要属性和要素可以极大地丰富基础教育课程的内涵和育人价值，使包括科学（综合或分科）在内的相关课程在培养学生创新、实践和问题解决能力上有了最直接的支撑点，为教育理想和课程目标的实现提供更加真切的途径。工程学教育在基础教育课程中的价值和地位也日显重要。

2.1 工程学进入基础教育是对国家战略目标实现的有力支撑

2009年，美国科学院出版社出版了由美国工程师协会完成的专题报告《K-12教育中的工程学》，报告明确指出，为了使美国在全球经济中保持竞争力，并确保该国拥有解决技术问题的知识和技能的劳动力（和公民），美国学校在科学、技术、工程学和数学科目的教学必须更加有效。就在同一年，也就是全球新一轮经济危机刚刚开始之际，美国工程师团队强力发声，指出美国需要培养大量有才华的工程师来填补未来的工作，帮助保持美国创新和竞争力。这样的观点随后成为扩大和强化美国K-12工程学教育最主要的原因。美国国家工程院院长查尔斯·维斯特 (Charles M. Vest) 说：

“鉴于我们作为一个国家面临的问题，我们必须了解如何通过工程学来发展青年人的激情和改变世界的能力”。很显然，在工程学进入基础教育的背后，国家利益，特别是国家竞争力的考虑占据了重要位置。工程师们呼吁通过

强化基础教育中的工程学课程来培养更多的工程师和具有工程学能力的人,提高工程人员多样性,提高美国人的技术素养,进而增加美国在全球创新经济中的就业机会和竞争力,坚信此举对美国的未来至关重要。

对于我国来说,在实现国家战略目标的努力中也需要考虑来自基础教育的支持。2006年,全国科技大会提出自主创新、建设创新型国家的战略。2014年6月,习近平主席发表重要讲话并强调,“坚定不移创新、创新、再创新,实施创新驱动发展战略”,加快创新型国家建设步伐。2015年,李克强总理在政府工作报告中号召“大众创业、万众创新”。创新已经成为我国国家发展的重大战略。创新型国家战略的实现需要多层面的支持,其中拔尖创新人才培养是人力资源方面的重要支撑,而在基础教育中开展工程学教育是化解科技创新人才不足问题、培育万众创新团队、实现创新型国家战略的坚实基础。中国需要在基础教育中将工程学教育做得更好!

2.2 为学生尽快融入工程技术无处不在的社会做好准备

对于今天中国的学生和成年人来说,工程技术的产品几乎无处不在,从纵贯千里的南水北调工程到遍布祖国大地的高速铁路,从快捷的无线支付到方便的共享单车,技术的进步让我们的生活更加舒适、便捷、环保和高效。随着我们的社会越来越依赖于工程和技术,今天比以往任何时候都更为重要的是要帮助每个孩子了解他们周围的人造世界,而这正是在基础教育中开展工程学教育的基本目标,学校教育中已有的经典课程都难以很好地实现。

中小学的工程学教育是要学生都知道工程师的工作,了解工程师们创造的技术及其影响。简单地说,这就是当今和未来社会对公民工程和技术素养的最低要求。早在2004年,美国的工程师就指出,很少有美国公民具有技

术素养,主要是因为我们(美国的)学校没有教过技术和工程;要让学生了解我们生活中的人造世界,让包括孩童的所有人有机会提高工程和技术素养!

工程学教育在一定程度上发挥了就业甚至是创业启蒙的作用。在工程学的课堂上,不管教师是引导学生设计具有穿戴设备的服装还是启发他们构想一个“动漫”主题及其故事的主角,都具有很强的就业引领和创业铺路的作用。在这样的活动中,学生在基础教育的课堂中就可能完成一些有价值的创意和设计。在国内外的中小学,学生在校期间就申请并得到专利已经不是个别的现象。工程学课程使学生更好地了解工程师的工作情况,以及工程师如何影响个人和社区的生活,激发年轻人追求工程领域的兴趣和愿望,提高所有学生的技术素养,为学生在毕业后尽快融入社会、加入到工程技术创新大军之中奠定良好的基础。

2.3 工程学教育促进学生创新实践能力全面发展

长期以来,我国在学校教育中都坚信理论联系实际的原则。如今,工程学为在课堂上贯彻这一原则提供了最直接的插口。有专家认为,孩子们生来就是工程师,他们着迷于设计自己的创作,把不同的事情分开,尝试着弄清楚某些事情(如一个玩具汽车)如何运作等,都表现了他们与工程师近似的天性。工程学的教学就是利用了所有儿童与生俱来的好奇心,培养他们对工程技术的理解和解决问题的能力。

已有研究证据表明了工程学教育对学生发展的积极贡献。工程学对学生发展的促进作用,不仅可以得到现代教育理论的支持,也有了来自教学实践方面的证据。

工程学可以解决问题和改善生活,这一重要的学科属性使其在教学中具有积极的作用。工程学课程与现实生活的相关性可以使学生在熟悉的环境或情境中学习,将工程与他们的

日常生活联系起来。工程学是一门应用学科，它产生的技术或工具旨在使事情更容易、更好、更安全。为学生提供解决现实生活问题的学习经历，可以让学习更加有趣。给学生更多的机会来展示创意，可以让他们得到激励和鼓舞。工程学课程对学生发展的贡献不仅仅限于工程学内容本身，也促进了学生思维能力和学习能力的发展。相关研究表明，K-12 工程教育可以提高学生在科学和数学方面的学习和成就，并赋予学生一套全新的批判性思维能力，激发青年人的创造力。关于 K-12 教室有效学习的研究表明，确定和解决问题的工程方法在所有学科中都是有价值的。工程设计在本质上是一个以探究为基础的教学策略，能够促进学生跨学科的学习。

工程学在育人上的特点，完全符合我国基础教育所注重的创新和实践的目标。工程学在课堂上的指向与我国基础教育课程改革的方向，特别是与理科课程改革的方向高度一致，也适合对拔尖创新人才的培养。将 2017 年版小学科学和高中生物学课程标准中倡导、要求的工程学内容最大程度地落实到课堂，在基础教育的其他平台和环节中纳入工程学，应该是我国教育决策人员和相关课程教学人员现在和将来的重要任务。

3 工程学已经稳步进入美国中小学课堂

20 世纪 80 年代初期，美国将技术（technology）引入科学课程，给科学课程带来巨大变化，使“科学、技术、社会（STS）”成为随后近 30 年的改革浪潮，期间对发展学生技术素养的关注，也对公民科学素养构成的研究及科学课程的设计产生了积极的影响。90 年代后期，工程学开始进入美国的一些中小学课程。在 21 世纪即将跨入第二个十年的时候，工程学在美国受到前所未有的重视，并在随后稳步进入了基础教育，这是科学教育发展史上

具有深远意义的变革。

在美国，马萨诸塞州是在基础教育中开展工程学教育的先行者，20 世纪 90 年代，一些学校已经开始尝试开设工程学课程，到 2001 年该州发布了本州的 K-12 年级工程学课程标准，要求小学科学教学中也要涵盖工程技术的内容^[3]。新世纪之初马萨诸塞州开始在发展技术和工程学课程标准及在实施相关计划方面持续 10 年的努力取得了成效，在 2010 年后已经成为其他各州在实施 K-12 工程学教育方面的榜样。在马萨诸塞州，技术和工程学现在已经被认为是与物理科学、生命科学、地球与空间科学同等地位的科学学科。

新世纪后，K-12 工程教育已逐渐进入美国多个州的 K-12 教室。2009 年的研究报告显示，美国各地的中小学已经为学生提供了数十种不同的工程学课程。在 90 年代中期开始的 15 年中，有数以万计的 K-12 学生接受了一些正式的工程学教育，约有 10% 的 K-12 学生在校接受了工程学相关课程。此外，有数以千计的教师参加了专业发展课程，学习如何教授工程学相关的课程。

2009 年后，包括美国总统在内的决策层对工程学教育的关注不断提高，美国国家科学基金会便成为工程学进入基础教育的主要支持者，在资金上支持相关研究和有计划地培养熟练的工程学教师，显示了美国决策者对年轻一代科学素养和工程技能人才培养的期待。

2013 年春季发布的美国“下一代科学教育标准”（NGSS）将工程设计与物理科学、生命科学和地球与空间科学给予平等的地位，强调参与科学和工程的实践以及对学科大概念的理解。NGSS 旨在通过积极参与科学和工程实践，加深学生对科学与工程领域核心概念和相互关系的理解，从而帮助改进 K-12 STEM 教育^[4]。NGSS 的最终目标是增加公众对日常生活中科学和工程学作用的认识和欣

赏，帮助他们在当今日益技术化的世界中取得成功。这样，NGSS 将工程学正式纳入整个基础教育阶段的理科课程，向 K-12 教育工作者和学校提供了发展学生科学与工程学技能和知识的机会。尽管只有将近一半的州准备接受 NGSS，但有美国学者指出，大多数州已经在不同程度上将工程学纳入其课程标准。NGSS 和一些州的课程标准包含了 K-12 学生所需的工程学知识的基础。

从中国学者的视角来看，美国在过去 20 年，特别是近 10 年工程学教育在中小学发展所呈现的画面中，有几个要点值得我们关注。其一，是从国家利益和学生发展的角度充分认识工程学教育的价值，并从国家层面和学术团队等多渠道保证其意图的实现和高质量；其二，是将工程学内容以整合的方式纳入科学课程标准，同时也保留教育机构制定的工程学课程标准，以课程标准描述的教学内容和要求使课堂教学和评价工作有所依据；再有是工程学教育强调了从小学开始有针对性地组织设计相关课程和教学内容，并特别关注了帮助女孩和少数族裔学好工程学内容；最后是从课程设计阶段就有计划地准备工程学的教师队伍。

4 工程学课程特有的内容及其教学成果

从全球的范围来看，在过去十年中，工程学已经成为 K-12 教育的场景中重要的、全新的领域。学校对工程学的课程的认可越来越受到几个因素的影响，其中包括将科学和数学的内容嵌入到真实设计的过程，从而激发学生对数学和科学的兴趣。

4.1 工程学课程设计和实施要凸显其学科特点

倡导在 K-12 级开设工程学课程的专家认为，学生应该从理解技术世界的设计和建造中获益。工程学课程和活动旨在让学生通过设计和可视化的过程，促进学生解决现实问题和动手实践能力的发展，提高学生的创造力和团队

合作技能，加深他们对工程学和科学基本概念的理解。

工程学设计过程对于工程师的工作至关重要，包括三个重要的环节：识别问题，设计、评估解决方案和优化解决方案。这一工程学特有的工作范式为许多问题的解决提供了有意义的启示和应用，也是工程学在基础教育课程中的关键内容。

在工程学的教学中，需要让学生经历工程设计的一系列过程，这些步骤可以用来提示学生解决问题、开展团队工作。工程设计活动的要素包括：

1. 让学生思考并确定有怎样的需求和约束
2. 明确要研究或解决的问题
3. 想象一下，提出可能的解决方案
4. 评估和选择有希望的解决方案
5. 尝试创建原型
6. 测试和评估原型
7. 改进，根据需要重新设计

专家们建议工程学的教学要为学生提供开放式的设计经历，体验设计实践中的挑战，寓教于失败的教训，而不是强调特定的“正确答案”。教学中要特别注意体现设计是迭代的过程，这就意味着学生要根据需要多次重复上述步骤，在失败和改进中实现优化，完成学习。

在课程方案实施的过程中，合作和设计是教学的两个关键。教师要注意加强学生对开放式设计的理解，强调创造性和实用性。为此，保障足够的教学时间，给学生充分的机会对设计、构想、模型进行迭代，有针对性地完善和修订，是保障学习成功的必要条件。

4.2 工程学的教学成果令人鼓舞

已有的教学实践和研究发现，K-12 工程学教育最有趣的益处是改善学生在数学和科学方面的学习效果，有助于提高学生对数学和科学概念的理解和某些技能表现^[5]。同时也有证据表明，即使是低年龄的学生也能掌握许多

工程学的概念,如系统、优化和权衡。儿童在工程学课程中的学习成就也超过了人们最初的预期,他们能够进行一些复杂的工程思维,例如平衡多个约束条件和设计标准,比较不同设计的优点,用不同的方式来展示他们的设计。

工程学课程是一个跨学科的教学平台,能够让学生收获跨学科的学习成果。采用 STEM 的课程设计,有助于学生将数学的技能、科学的原理和工程学的思路应用于解决现实生活中的问题,有助于学生理解科学、数学和技术的本质,提高学生的实践能力。

中小学开展工程学教学,有机会让学生们重视工程学在他们每天使用的技术中的作用,帮助他们了解工程师的工作,提高对工程设计的了解,增加对工程学相关职业的兴趣,帮助他们准备融入一个充满了技术的世界^[6]。

5 结语:充分展现工程学在基础教育中的价值

就全球基础教育课程发展而言,以工程学为主角的新课程已经隆重登场并取得了令人鼓舞的效果。STEM 的课程改革已经成为基础教育改革的鲜明趋势,而在 STEM 教育中,工程学是关键的节点和桥梁。具体地说,STEM 教育改革中如果忽略了工程学,STEM 也就形同虚设。在我国,STEM 教育已经在许多学校

开展,通用技术作为必修课程也在中小学开设了多年。这些,都为我们深入实施工程学教育提供了必要的基础。同时,我们也要充分注意到工程学的价值尚未得到课程决策人员和教学人员的重视,对工程学内容和教学策略的了解还需要大力加强。

2017 年版小学科学课程标准和高中生物学课程标准的颁布对工程学进入中小学课堂产生积极的推进作用。我国科学教育工作者要高度重视工程学进入科学课程的意义和变化,加大学术投入和实践指导,帮助一线教师发展专业能力,尽快解决教学活动案例匮乏、教学设备不足等问题,在课堂中最大程度地落实相关课程标准的要求,实现课程目标。

除了上述课程外,工程学还需要通过多种途径进入中小学课堂。中学阶段的选修课程和校本课程灵活性和针对性更强,工程学和 STEM 可以成为课程的重要主题。当然,实现这样的课程发展需要数理学科教师、学校主管、课程设计和教育决策人员对工程学的了解和重视。在工程学进入基础教育的进程中,工程师团队的介入是至关重要的因素。我国是工程制造的大国,有最优秀的工程师团队。期待着我国有更多的工程师为基础教育发声,为普及工程学发力!

参考文献

- [1] 中华人民共和国教育部. 义务教育小学科学课程标准 [M]. 北京: 北京师范大学出版社, 2017.
- [2] 刘恩山, 刘晟. 核心素养作引领注重实践少而精 [J]. 生物学通报, 2017 (8): 8-11.
- [3] MA ESE. Massachusetts Science and Technology/Engineering Curriculum Framework [EB/OL]. [2017-08-05]. <http://www.doe.mass.edu/frameworks/archive.html>.
- [4] NGSS Lead States. Next Generation Science Standards: For States, By States [M]. Washington, DC: The National Academies Press, 2013.
- [5] National Academy of Engineering. Standards for K-12 Engineering Education? [M]. Washington, DC: The National Academies Press, 2010.
- [6] National Research Council. Engineering in K-12 Education: Understanding the Status and Improving the Prospects [M]. Washington, DC: The National Academies Press, 2009.

(编辑 涂珂)

An Analysis of Engineering Science's Role in Basic Education

Liu Enshan

(College of Life Science, Beijing Normal University, Beijing 100875)

Abstract: Engineering science is considered as a discipline principally for changing and shaping the natural environment by means of designing, manufacturing and maintaining of artifacts and technical systems, the artificially-made world conjured up by such science makes the earth where we are inhabiting today more and more beautiful. Thanks to the ever increasing linkage between the global economic competitiveness and the innovation, engineering science has drawn wider attention than any other period in history. The fact that Engineering science is included into the basic education helps significantly to enrich and expand the related curriculums and their educational value by its innovation, designing, as well as practice, that will provide a most direct and pivotal linking point for the related curriculums (including science) in cultivating students' capabilities on seeking creativity, practice and problem-solving, thus all the above-mentioned factors will offer a more effective tool for goals set forth for education and curriculums. Entering into the 21st century, the new curriculum which takes engineering science as its main component has taken shape, resulting in encouraging ripples. In China, the 2017 Science Curriculum Standard for Primary School and the Impending Chemistry Curriculum Standard for Senior High School have incorporated engineering science into the content standard of the curriculum as an independent study area or module. In a nutshell, in order to better put into place the requirements for the related curriculums and to include engineering science into courses set for primary school and middle school students, teachers of math and science, school administrators, and education decision-makers shall have a better knowledge of engineering science, and shall review the role played by engineering science in basic education curriculum as well.

Keywords: engineering; engineering education; general education

CLC Numbers: N4 **Document Code:** A **DOI:** 10.19293/j.cnki.1673-8357.2017.04.001

An Empirical Study of Impact of Mechanism of Trust on Risk Perception from a Perspective of Science Communication

Li Yanyan^{1,2} Song Wei¹

(University of Science and Technology of China, Hefei 230026)¹

(Ningbo City College of Vocational Technology, Ningbo 315000)²

Abstract: In order to clarify the crisis of confidence in the science risk perception, this paper makes an empirical analysis of the mechanism of trust affecting risk perception. Several conclusions are obtained principally based on the research. Firstly, the public trust in science is influenced by the channel of scientific information dissemination and the level of education; Secondly, trust has negative impacts on