

融合新工科教学理念的双创课育人模式研究与实践¹

——以复旦大学智能硬件创新创业课程为例

林青²

(复旦大学微电子学院、创新创业学院, 上海市杨浦区 200433)

摘要: 在高校新工科建设和深化创新创业教育改革的背景下, 复旦大学开设的智能硬件创新创业课程通过融入新工科人才培养的教学理念逐步探索形成了一种新的课程育人模式, 经过 3 年来的实践检验取得了良好的成效。该模式充分借鉴了国际工程教育先进的成果导向教育理念, 面向新经济新产业对工程型创新创业人才的急迫需求, 以培养具有解决复杂工程问题并兼具创新创业能力的人才为目标, 以新工科创新创业课程为引导的核心, 充分利用学校体系健全的创新创业教育生态环境, 发挥了重要的教学育人作用, 成为探索深化高校创新创业教育改革的一次有益实践。

关键词: 工程教育; 教学理念; 新工科; 创新创业教育

一、引言

2016 年中国成为《华盛顿协议》的正式成员, 2017 年“复旦共识-天大行动-北京指南”形成了“新工科”建设的三部曲。吴爱华等^[1]认为新工科建设要面向当前产业急需和未来发展, 新经济的快速发展迫切需要加快对新型工科的人才培养, 提出了“新质量”等五个“新”发展思路, 特别强调要打造具有国际竞争力的工程教育并建立完善中国特色的工程教育专业认证制度。朱永东等^[2]提到强调基于“产出”质量和效果的评价是美国工程教育专业认证标准的新变化, 这种变化源自于成果导向教育(OBE)的理念, 该理念被《华盛顿协议》成员国所普遍认同和采用。

林健^[3]将创新创业能力作为新工科培养人才的首要能力要求, 而创新创业教育是培养人才创新创业能力的重要途径, 在服务于国家发展战略对创新创业人才特别是工程型创新创业人才迫切需求的共同前提下, 将新工科人才培养与创新创业教育有机融合已成为研究热点之一。2010 年教育部^[4]明确指出“创新创业教育是适应经济社会和国家发展战略需要而产生的一种教学理念和模式”, 而新工科人才培养同样强调借鉴国际先进的工程教育理念, 教育教学理念上的融通是二者有机融合的前提, 更有研究表明课程正是二者融合的基础^[5]。

本文以复旦大学新工科专业应用方向之一的智能硬件教学与创新创业教育所融合的智能硬件创新创业课(后简称智能硬件双创课)的模式和实践为案例, 探析了一种以有机融合新工科人才培养教学理念的创新创业课程为引导核心的教学育人新模式。

1基金项目: 中国高校创新创业教育改革研究基金项目“高校新工科专业牵引下的创新创业教育实证研究”(2017CCJG009)

2作者简介: 林青, 博士, 复旦大学创新创业学院导师, 第四届中国“互联网+”大学生创新创业大赛金奖项目指导老师, qlin98@fudan.edu.cn

二、国际工程教育与 OBE 理念

国际工程教育非常强调教学过程中的教育理念,《华盛顿协议》成员国将 OBE 理念作为工程教育认证的一项标准,我国新工科建设的人才培养面向新经济新产业的人才需求,必然需要对标国际工程教育的质量和认证水准,将 OBE 理念融入新工科人才培养的教学环节中。

成果导向教育(OBE)由 Spady 于 1981 年提出,1997 年被美国工程教育认证协会(ABET)确定为认证标准(EC2000),2003 年基于 OBE 的毕业要求成为协议成员国的框架性要求。我国 2015 版《工程专业认证标准》的发布标志着 OBE 理念在工程专业认证的全面贯彻,成为推动工程教育改革的重要举措之一。OBE 的核心理念是根据成果导向的反向设计、以学生为中心和持续改进,主要包括:

1) 以最终的学习成果为导向。将学生在毕业时所能达到的顶峰成果或者最终成果作为导向。学生在追求顶峰成果的过程中允许存在失败,也就是在学习阶段中允许存在不完美的过程性结果。学生各自的顶峰成果可以不一样、可以是个性化的,彼此不竞争的,并且通过积累学习过程中成果或者失败的经验达成最终成果。在工程教育中,培养学生解决复杂工程问题的能力是核心的导向要求。

2) 围绕学习成果反向设计课程体系。围绕预期的顶峰成果反向设计课程体系和各个教学环节,从达成目标所需的知识结构和能力实践进行分解,帮助学生一步步迈向顶峰。知识结构强调的是整合的而不是割裂的,不同于传统专业教育将知识分成一个个课程单元按照学科专业方向由浅入深、由低向高的独立教学,而是围绕最终目标进行顶层设计,有选择的吸收有益于达成目标的知识,这些知识可以是跨学科跨专业的、并且是相互关联有机的,能相互整合最终成为完成顶峰成果的知识结构大厦。

3) 以学生为中心的教学方法和模式。OBE 强调学生围绕目标进行自主学习,强调学生对知识的运用而不是记忆,教师是指导者和引导者而不是主宰者,教师在教学过程中应该运用行为示范、启发诊断、评价反馈以及兴趣引导、热情激励等建设性策略帮助学生完成各个阶段的考验最终达成顶峰成果。OBE 强调学习过程中是合作的,而不是竞争性的;是包容性的,而不是分等第的;是达成性的,而不是比较性的;知识技能学习是协同性的,而不是孤立性的。

4) 持续改进贯穿在教学过程的始终。OBE 强调持续改进有其内部和外部的原因。外部原因在于:用于检验评估学生毕业时成果的最终展示项目有可能因工程技术的快速更新或者社会日新月异的变化而导致失败,因此需要根据新技术和社会变化持续改进验证项目的内容。内部原因在于:为帮助学生最终达成顶峰成果,需要在教学过程中反向设计各个阶段性的目标以及进行阶段性评估,一方面需要根据学生自身特征和个性进行启发诊断,反馈给学生以促进其学习进入良性循环,另一方面也需要不断调整教学思路、方式方法以弹性的回应满足学生的学习要求,改进完善提供给学生的学习资源和环境创设,特别是需要结合科技前沿和新型工具设备的发展持续改进和迭代升级。

综上所述，OBE 实施的关键在于三个转变：课程导向转为成果导向、教师中心转为学生中心、质量监控转为持续改进。

三、融合 OBE 理念的智能硬件双创课模式设计

智能硬件产品创新是市场创业的热点之一，也是新工科面向新产业人才培养的重要方向之一。智能硬件双创课是创新创业教育课程系列中的热门之一，也同时带有明显的新工科专业特征。因此课程设计不仅充分考虑了创新创业教育中对创业意识、创新精神和创新创业能力等内容要素的要求，同时也非常强调新工科人才培养的教学理念，充分借鉴了 OBE 中的教学要求，从而形成了新工科人才培养与创新创业教育有机融合的教学范式。

遵循 OBE 理念的教学要求，首先将新工科创新创业教育的成果导向目标凝练为：培养面向新经济新产业具有解决其复杂工程问题并兼具创新创业能力的人才。实际上，基于产品创新的创业实践必然包涵解决复杂工程问题的能力要求。基于产品的创新实现和创业实践其本身就是一类复杂工程问题，问题的工程性在于产品创新实现是一个系统工程，包括市场分析、需求调研、创意设计、原型制作、中试验证、产品化量产和投放反馈等；问题的复杂性在于产品创新涉及到学科交叉、专业合作和上下游产业链以及创业实践过程中涉及到社会调查、商业伦理和资源整合等不同领域知识和技能的综合运用。因此，以培养学生基于产品创新的创业能力完全可以作为新工科人才培养的成果导向目标之一，而其本质内涵同时也是创新创业教育的具体实践。

应当指出智能硬件双创课在新工科的课程体系中仅是其中的一个阶段性课程，无法承载 OBE 的最终目标任务，而是承载培养体系中的一个阶段性目标成果。围绕基于产品创新的创业能力的培养，可以选择的落脚点很多，智能硬件是其中之一。课程所承载的阶段性目标为：为学生提供智能硬件领域的产品创新和创业实践体验，为学生实现顶峰成果或者最终成果提供具体智能硬件产品作为落脚点的机会选择。课程模式设计主要表现为：

1) 课程教学的成果目标设定为学生尝试寻找到生活中真实存在的需求，并能利用智能硬件相关的方案设计加以解决，进而完成相关产品的创新实践和创业计划的策划实施；这种设定使创新创业能力中对需求的洞察力培养与智能硬件产品的属性能够紧密结合并形成联接点；由于 OBE 理念对成果的导向性非常重视，这就要求在完成课程的预设目标时需要以实际项目产品作为检验成果的手段；相对考试或论文，以实际项目产品作为成果更能激发师生对课程参与和投入的热情。

2) 在课程教学过程中，以学生为中心、教师为指导，面向新经济的发展方向和市场热点，学生可以借助智能硬件最新科技和相关校友企业资源进行开放式的创新实践活动；这种以新工科专业特征为牵引的课程教学对参与师生而言是共同的挑战，但也是吸引力和兴趣点之所在。

3) 需求所指向的问题绝大多数属于复杂性工程问题，课程需要以修读的学生为纽带，广泛结合学校除智能硬件外的其它学科专业背景的师资和实验室进行交叉融合，并通过设计

联合模型等途径完成求解，从而培养学生解决复杂性工程问题的能力。

4) 持续改进。建立了持续改进教学过程、持续更新教学内容的“学-用-验-学”的迭代循环：持续关注智能硬件科技前沿，更新内容和教学方法；持续洞察电子产品市场需求变化；持续完善智能硬件双创生态包括引入企业最近科技和技术平台，租赁并更新实践仪器和设备等。

课程教学采用以“小需求、微创新、浅创业、深挖掘”为主线的全链体验式教学过程，具体分解成四个环节，每个教学环节都包括预设成果、教学方法、评估方案和意见反馈（教师随时随地收集反馈意见用于持续改进课程教学）：

1) 小需求。教学内容：促使学生从日常生活中洞察身边微小的需求；预设成果：找到生活学习中真实的小需求，该需求可以通过设计智能硬件来满足（强调专业属性），需求要足够的小，小到学生能利用一学期的课程时间足够解决这个需求，需求虽小，但一旦被解决后应有立竿见影反响和成效；教学方法：社会调查、个人汇报；评估方案：提交给课程合作的企业专家或投资人进行评审，以验证需求真实存在，而不是伪需求；课程目的：培养学生对生活中与专业有关的需求的洞察力和敏感性。

2) 微创新。教学内容：基于自身的学识基础和能力，在智能硬件的框架内寻找解决方案，可使用现有产品进行改造，实现智能硬件产品创新；预设成果：找到或者设计出有创新元素的需求解决方案；教学方法：教授创新方法，分组讨论解决方案。评估方案：将解决方案提交相关专业领域的教师或专家，评估可行性和实施成本；课程目的：促使学生学习使用创新方法，例如微创新的 5 种策略、设计思维方法及 TRIZ 工程创新方法等。

3) 浅创业。教学内容：面向客户群体设计简单的营销方案并实施，在材料和时间成本有限的条件下通过快速迭代提升运营效率；预设成果：完成最小笔的陌生客户销售；教学方法：社会实践和分组讨论；评估方案：邀请复旦大学经管专家或校外投资人参加项目评审；课程目的：培养学生精益创业理念，根据用户反馈快速更新迭代产品后再营销。

4) 深挖掘。教学内容：探讨需求-创新-营销-迭代之间的关联并总结经验，促使学生思考自身内部学习实践能力和外部资源条件对创新创业的影响等；预设成果：完成课程论文报告；评估方案：参加创新创业类比赛；课程目的：使学生通过一门创新创业课程的学习全面体验和快速了解创新创业的全链条过程，提高学习（内化）成效，通过本课程学习引导学生在今后求学过程中能够更加明确专业学习目标，能力锻炼路径、阶段成果产出方向等。

四、智能硬件双创课育人模式的实践成效及反思

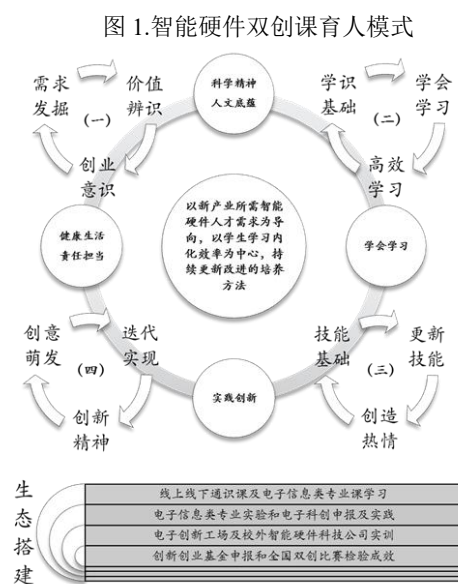
智能硬件双创课以修读学生为核心组成团队，进行寻找生活中的需求，围绕需求创新设计方案，试制原型样机，小量投放市场验证等几个环节的创新创业项目实践，形成课程项目为途径的教学育人全过程，自 2016 年开设以来，课程项目实施的成效较为显著，一方面是修读学生创新创业能力的提升，另一方面是课程的成效放在学校教学大环境中得以验证。例如：

1) 理智型休学创业。有学生在课程的需求洞察环节中发现市场上汽修美容的商家以及江浙一带小五金加工厂需要一款可以实现自动喷涂的小型机械手臂,以达到较高的生产效率与工人健康防护的目的;经价值辨识,学生采用课程中学到的创新方法,设计了一种只有现行产品三分之一成本的新型结构机械手臂解决方案,配合智能算法技术可以较好的完成自动喷涂功能;课程结束后,学生选择了休学创业。

2) 创业意识不断增强。在课程引导下有学生对创业意识形成了自己的理解:要聚合尽可能大的未被满足的群体需求并寻找到解决方案,这是创造巨大价值的先决条件;而解决方案中的产品创新需要尽可能地降低成本,以期在增强用户买单意愿的前提下获取到更大的价差,并通过满足用户群体的需求带来积极的社会影响;虽然目前自身不具备创业的实际条件,但愿意时时刻刻寻找这样的机会,在今后条件成熟时有决心担当起这样的社会责任。

3) 2018 年上修读学生完成的 4 个课程实践项目参加了学校“泛海杯”互联网+学生创新创业大赛获得 1 金 2 银 1 铜的优异成绩;更有学生得此机会参与了“机器嗅觉芯片 VOC 智能纳米传感器”项目,该项目最终获得第四届中国“互联网+”大学生创新创业大赛的全国金奖。

4) 部分学生课程项目还得到了校内创业基金的支持和资助,课程本身也于 2018 年复旦大学被列入优秀创新创业课程。



反思课程育人模式的成效,其中不难发现在创新创业教育人才培养过程中,与新工科专业特征相融合的课程项目起到了关键性的核心引导作用,在学校营造层次分明、体系健全的创新创业教育生态环境中更加有效地促进了教学育人的功能。在智能硬件双创课案例中,通识教育的基础课程和电子信息类的新工科专业课程构成了学生发展的认知基础,实验技能和科创能力的培养构成了学生发展的能力基础,集成电路与系统创新工场的孵化及社会相关企业行业的支持构成了学生发展的实践基础,创新创业基金和双创比赛构成了学生发展的验证基础,而通过融合新工科人才培养教学理念的智能硬件双创课帮助学生贯穿认知-能力-实践

-验证的四个环节，围绕新产业对人才需求的导向，实现了创业意识培养-学会学习养成-创造能力提升-创新精神塑造的循环模式，并将中国学生发展的核心素养的培养蕴含在其中。

五、总结

“四新”教改中，先期进行的高校新工科建设已取得了较多进展，在深化创新创业教育改革的背景下，很多高校都在尝试将新工科建设与创新创业教育改革进行融合。复旦大学开设的智能硬件创新创业课程做出了有益的模式探索和尝试，3年多来的实践检验证明其取得了较好的成效。这些试点的宝贵经验希望能被不断完善和推广，最终为深化中国高校教育改革做出贡献。

参考文献：

- [1]吴爱华等：加快发展和建设新工科主动适应和引领新经济，高等工程教育研究，2017年第1期。
- [2]朱永东等：美国工程教育专业认证标准研究，现代大学教育，2009年第3期。
- [3]林健：面向未来的中国新工科建设，清华大学教育研究，第38卷第2期。
- [4]教育部：《教育部关于大力推进高等学校创新创业教育和大学生自主创业工作的意见》（教办[2010]3号）文，2010年
- [5]王洁，徐赟. 创新创业教育与专业教育融合的课程体系探索[J]. 课程建设，2017(10):91-92,54.