

纪阳等：新生工程教育问题与引导方式创新

原创：纪阳等 高等工程教育研究

【摘要】新生工程教育问题是指如何从大一阶段就开始引入工程教育，发展学生的自主学习能力、实践能力和创新能力，并使学生能够对工程与专业形成概貌认识。专业导论课是高校工程教育的开始，也是新生工程教育的重要切入点。需要根据大一阶段的学生特点，在导论课的引导方式方面进行创新，为学生提供包括成长引导、知识引导、实验引导和创新引导在内的综合化的引导。这种创新型导论课为学生提供一种体验式、项目式的学习方式，能够发展自主学习、合作学习、交流沟通、设计创新、动手实践等多方面的能力。

【关键词】新生 新工科 自主学习 以学生为中心 导论

【作者简介】纪阳，北京邮电大学教授，信息技术新工科产学研联盟工程认知与创新素质培养工作委员会主任；吴振宇，北京邮电大学讲师；尹长川，北京邮电大学信息与通信工程学院副院长、教授。

一、问题的提出

我国工科本科生的课程体系一般是：大一公共基础课、大二专业基础课，大三专业课，大四专业课与毕业设计[1]。这种课程体系延续了几十年，为国内高等院校广泛接受，但也存在一定的问题：学生在大学后半段才能够建立起较为系统的工程认知和专业认知，动手实践能力的发展较晚。很多学生到大四的时候对自己的工程能力和专业水平缺乏信心。从学生角度，对其就业选择会产生不利的影响；从国家角度，这样的人才培养结果不能高效支撑新兴产业的发展。

学生的工程实践能力养成与专业方向认知需要一定时间的训练作保证，这是工程教育的基本规律。然而上面谈到的工程教育问题实际上是一个结构性问题。如果这个结构不改变，意味着即便进行双创教育、新工科等各种教学改革，大量与实际工程能力有关的新内容还是会安排到大学三四年级。各种优秀专业内容对学习时间的竞争将变得更加激烈，而学生的能力提升程度则仍然值得存疑。考虑到学生在大三大四阶段，又有诸如考研、出国、实习等需要应对，因此在这个时间段，学生一方面希望接触工程实践知识，一方面又无法真正投入时间。这是当前工程教育的一个困局，必须引起足够的重视。

显然，如果在大学一年级就能够开始工程训练，使学生对工程和专业建立认知，那么学生在毕业时候的实践能力水平就会大不相同。但是为什么长期以来工科大学不进行这样的教学安排呢？前述课程体系的背后是一个普遍持有的常识性逻辑，即公共基础理论、专业基础理论、专业课构成了一层层的基础依托关系。学生只有认知了学科的理论基础，才能在上面建设专业的上层建筑。

然而，这样一个“常识”却并非无懈可击。首先，有大量的专业课程并不符合上述这种“层层依托”的逻辑。专业课往往针对于实际工程问题，其中有很多必要的知识并不需要以公共基础课作为支撑。例如在电子信息学科中，TCP/IP、HTTP等一些网络协议相关内容，是非常核心的技术，但不一定需要高等数学等理论作为其理论支撑。计算机相关如操作系统、软件编程等也类似。这些内容如果能够早一点提供给学生，将更有利于他们理解系统和专业。

其次，这种课程体系也并不利于培养工程思维。从工程认识论角度，工程师往往是从真实工程问题之中找到科学或技术的发挥空间，继而完成在工程之中的创新。这其实也是更值得在工程教育中引入的教育思想[2]。目前，国外一些大学的工程教育改革，已经开始直接从实际的工程问题入手。例如英国 UCL 的集成工程计划 IEP[3]，在新生一入学就设置了工程课程，持续五周，学生要花四周的时间来获取一系列知识和技能，并将其应用于为期一周的密集型设计项目中。其目的就是为了引导学生从工程实践中体会到工程应当处理哪些问题，继而合理安排自己未来的学习。这就使得工程教育与科学教育形成显著的区别，也意味着工程教育从科学范式向工程范式回归，代表了工程教育发展的一种新的方向。再次，这样一种课程体系从前后衔接角度看比较低效。学生在中学就已经建立起对数学、物理等基础理论的认识，但对于工程是什么，学生是缺乏了解的。当前工科教育从理论学习过渡到工程实践的时间过长。学生在大三大四阶段才有机会接触一定规模的工程训练。由于时间太短，学生如果找到兴趣方向，来不及深入；学生如果意识到自身能力或知识方面的不足之时，也来不及补救。这样就错过了在大学黄金时期发展自我的机会。最后，这样一种教学安排忽视了学生的自主学习能力和自主学习过程。如果访谈那些工程能力比较强的毕业生就会发现，他们并没有按照学校的课程安排亦步亦趋。出于兴趣，他们往往在大一的时候就开始了自学与摸索。对于这些同学，动手实践如果遇到了问题，就围绕解决问题来进行学习。如果学习过程中遇到障碍，就通过社群的力量寻找帮助。这样的学生会逐步形成更为广阔的视野和灵活应对问题的能力，在未来的工程创新实践中会更加具有优势。

这样看来，在大学一年级进行工程与专业教育还是存在着可能性的。那么应该如何去设计大学一年级工程教育的课程体系与培养目标呢？当前情况下应该如何组织新生工程教育方面的教学呢？在新工科教育的大背景下，新生的工科教育能够有哪些创新呢？在大一开展工程教育，是怎样一种利弊得失呢？

这些问题就是新生工程教育问题。由于面向实践与创新的新生工程教育很少有先例可循。因此目前阶段只能通过教改，一点点摸索新的教学模式，因地制宜，逐步给出新生工程教育的完整解决方案。

北京邮电大学信息与通信工程学院从 2015 年开始探索新生导论课的升级改造问题。2016 年，学院以必修课形态面向全院约 840 名新生，推进面向提升学生自主学习能力、团队合作能力、实践动手能力、创新能力、展示交流能力的新型导论课，并组织新生创新作品展，初步形成了一种创新型导论课的教学范式。2017 年，北邮与中国移动、华为、海信、亚信等公司进行对接，组织了多次新生创客马拉松，新生在学习的潜力和创新方面的优异表现得到了业界的认可。2017 年，北京高校电子信息类专业群的相关学院和教师成立了导论课虚拟教研室，共同推动院校在新生课程方面的共享与开放。2018 年 1 月，信息技术新工科产学研联盟成立了“工程专业认知与创新素质培养工作委员会”，有百余家大学参与到这个工委，表现出对新生教育改革迫切的参与愿望。2018 年 4 月，北京六所高校对接腾讯云，在新生中进行了校际协作学习的“燎原计划”，基于实验和实践创新，对“云、移、物、大、智”等新兴产业方向进行体验与了解。陆续的，全国一些院校也将展开这方面的尝试。在这样的背景下，对于新生工程教育的理论、实践、理念与方法的研究与分享，变得更为迫切。

二、大一新生的特点分析

大学第一年是大学本科四年学习生涯最为关键的一年，对学生的影响至深至远。大一阶段学生是独立生活与自主学习的开始，也是建立新的人生目标、形成人生观价值观的关键时期。

首先，这段时间的生活与高中时候大不一样：离开家乡去外地读书，有些同学会面临环境气候迥然不同所带来的不适应；高中时候家长帮助处理一切，很多同学会面临生活各方面都需要自理带来的不适应；高中时候没有集体生活，就有可能面对宿舍生活中人际关系方面的不适应。

其次，这段时间的学习与高中时候的学习相比，也有很大变化：高中时候学习目标明确，对老师和书本依赖性很强。而在大学里，新生会面临教师与学生接触时间少、学习节奏快、涉猎内容多带来的不适应。大多数新生依旧保持着高中时候勤奋的学习状态，对学业非常认真，早出晚归，对成绩与排名也比较重视。但从成长角度看，多数学生基本上围绕老师的指挥棒来学习，出于自我塑造的目的进行自主学习的学生比较少。

随着对大学最初生活的逐步适应，属于自己支配的空闲时间开始多了起来。如何更有意义的利用好这些空闲的时间呢？学生对意义的拷问自然会催生另外几个关键问题：自己未来的目标是什么？大学期间应该怎么做才能趋近那个人生目标？寻找这类问题答案的过程，可以看作是学生建构自身人生观与价值观的一次重要的尝试。目标对于大一学生的生活状态和学习状态都会产生影响。有些同学在高中之前学习目标很单纯，就是考上一所好大学。考上大学以后，家人和老师的管束从身边消失，旧的目标已经实现，新的目标并没有建立起来，自控自制能力也没有形成，就开始在宿舍里打游戏或看连续剧消磨时间。严重的情况还会导致退学。还有一些学生虽然并不会玩物丧志，但却不知道如何树立一个比较合适自己的未来目标，从而陷入迷惘，学习也不在状态。

从脑发育角度看，大学一年级新生大多数的年龄在 17-19 岁，尚处于青春期大脑发育期，人在这个时候，大脑各个区域和回路的连通增强，使得学习能力迅速提高，思维敏捷、记忆力好、想象力丰富，具有强大的适应能力。另外，也更容易冲动，感性思维活动更多。这个时候最为重要的教育活动是帮助学生树立志向。如果学生找到目标和切入点，就会极为投入的付出。这段时间也适合以学习共同体或工程共同体的方式，提供促进学生协作发展与交流沟通相关的社会情绪能力，对于其一生的幸福感都会很有帮助[4][5]。

三、大一的工科教育现状

学生在报志愿的时候，对本专业充满期待与想象。进入大学后，大一新生对专业前沿有关的内容充满好奇心，对创新活动往往也跃跃欲试。但大一的课程却并没有与之呼应的安排。新生在大一的主课主要由高等数学、大学英语、形势与政策、中国革命史、C++编程语言等组成，涉及到工程或专业技术并引导学生进行动手实践创新的主干课程非常少。

也有学校为新生安排了工程导论课，并邀请资深教授进行教学，希望能帮助学生了解整个学科的体系，了解学校在科研领域的成就。也有学校会在大学一年级带着学生进行企业参观，了解工业界。这些课程在很大程度上调动了学生对于专业方面的好奇心，激发了他们对专业的自豪感。但由于许多专业名词听不懂，后期跟进的专业课在大学三年级才进行，所以经历过导论课之后，大一学生对于专业知识或工程实践的认知仍然模糊不清，无法马上产生

行动，对多数学生的实际影响比较有限。

四、专业导论课的引导方式升级

当今世界，技术革新的周期越来越短，产品创新的活动也越来越频繁，人类的知识总量在快速增长，这种现象在电子信息领域尤为突出。这意味着如果大学生希望在产业格局的前沿领域有所作为，就必须成为一个善于应对各种变化的终身学习者，一个善于摸索探究的自主学习者。在前沿创新领域，需要面对更为复杂的产业环境、大量的不确定因素，建构出新产品新技术去进行实验来求证自己提出的假设。这种情况下不可能依赖老师和教材，良好的自主学习能力将是面向复杂工程问题进行创新的前提和基础。既然学生将要面临的是这样的一个未来，那就需要从大学的起点开始就提供与之相关的教育，帮助学生逐步建构起专业方面的自主学习能力。从这个角度审视当下的新生工程教育，就会看到，无论从教学方法、教育理念、教学环境，甚至还有教学内容，都需要进行系统的改革，才能适应人才培养的需求。专业导论课是高校工程教育的起点。此前，专业导论课作为引导性课程，主要功能是在专业学习进入正式内容之前，概述其核心思想、结构、主要方法、来龙去脉，以及该专业社会功能和意义。导论课的综合交叉性很强，其内容涉及到学科的各个领域，也涉及到专业方向的前沿。导论课需要授课者有广博的专业知识，并能够引发学生的学习兴趣。在新的人才培养观下，需要对导论课进行升级改造。仅仅实现知识引导是不够的，更需要综合考虑学生的成长需求，以及实践能力、创新能力的培养。这就需要导论课在引导方式上有所创新，升级改进，形成包括成长引导、知识引导、实验引导和创新引导在内的综合性的引导，帮助学生逐步建构起新的能力体系。

1. 成长引导。

尽管新生对专业或未来的认知几乎为零，但在思考成长与未来等相关问题时，专业是一个不可能忽略掉的参量。

专业导论课在新生长过程之中能够预期的作用包括：转变学习方式、激发专业兴趣、学会团队合作。

目标与方向的寻找对于大一学生来讲非常重要，只能靠自己来完成，别人无法代劳。如果学生不能很快找到适合自己的目标，就容易陷入迷惘而怠惰不前。这种情况下可以建议大学生将“成为一个专业领域的自主学习者”作为一个备选目标。

提出这样一个建议的理由是，在大学期间提升自主学习能力，学生将终身受益。而且围绕专业领域进行一些尝试，有助于逐步找到自己更感兴趣的研究方向或更适合自己能力发挥的职业方向。此外，有了新目标和切实的行动计划会帮助大多数同学缩短迷惘期，就能够在新环境中逐步发展出自驱力来。

宏观来看，创新型导论课是一种体验式的学习，即在正式学习之前，先让新生对后续学习进行一次浓缩的体验。这种体验很像孩子们在认知科学体系之前，先在科技馆里玩耍，与各种展品进行自由互动。这种教学模式对过程中涉及到的知识可以不求甚解，重点在于引发学生产生继续探究的兴趣。与之有所不同的是，学生在创新型导论课中，不仅仅体验技术与知识，还在体验自主学习、团队合作、创新过程、展示交流、学以致用等过程以及自我意识

在过程中的发展变化，形成新的元认知体系，并因此能从能力塑造角度认识自己的学习需求与努力方向，意识到“学会学习”的内涵，从而转变学习方式。

面向新生的创新型导论课的应当是形式丰富、轻松活泼的，容易让学生感受到亲和力。其难度的设计应当是能为学生带来一些挑战，也能让学生产生征服困难以后的成就感。

因此，在专业导论课的学习环节中，通过专业领域的研讨、实验、创新与分享，能够让学生体验到一种亲历感，并能够共同完成任务，建立起合作学习的氛围。

“独学而无友，则孤陋而寡闻”。自主学习并不是自我封闭的学习，与同学的切磋与讨论，才会有思想火花的碰撞，才会相得益彰。导论课中应当尝试为学生建立小组学习探究的氛围。借助大量趣味化的实验项目、创客马拉松与创客嘉年华，可以使合作学习的氛围在一入学就得到自然的培育。新生以团队为单位来完成实验、讨论、构思、创新、制作、调试、展示、交流、考评等各种任务，有助于合作意识的培养，而这是“听讲-看书-做题考试”类型的课程无法提供的。

此外，还需要通过榜样的力量来引导成长。有成就的学长、教师、工程师或企业家在学生早期成长过程中往往会起到榜样作用。在平时的在线答疑过程中，高年级学长对低年级新生形成了示范，同时也有兄弟姐妹般的友谊得以建立，对于个性发展颇有助益。在组织开放化的创新活动中，他们与大一学生进行面对面肩并肩的交流与协作，可以实现潜移默化的影响与熏陶。

2.知识引导。

导论课为学生在专业知识的海洋中漫游提供了启航点。尽管只是选取部分知识点进行体验，但需要考虑很多因素。例如知识点是否有代表性，对知识类别的覆盖程度如何，是否有利于学生自学，是否有利于后续作创新，是否有利于学生建立起端到端系统的概念等等。

教师需要考虑将各种类别的课程与知识体系置于一个系统之中进行阐述，这样容易让学生产生宏观的图景，甚至也能对复杂的知识点进行归类，这一点非常重要。否则，学生将面对的是大量的、碎片化的知识，也看不出彼此的关联。

知识引导实际上还包含了对大学期间多种学习方式的体验，这将有利于促进学生转变学习模式。在面向自主学习的导论课中，需要引导学生阅读学习资料、动手实验、小组交流讨论、调研相关领域进展、构思设计创新作品、技术实现、测试验证、分享展示与交流等学习活动来进行学习与探究，对未来四年所要学习的技术体系形成一个初步的、感性的认知。面对大量从未接触过的知识，学生一时不懂也很正常，但在实验中试错、生感与交流的过程，是一种更有意义的知识建构过程，将有利于学生后续的学习。由于导论课涉及到的学科概念很多，部分学生单纯依靠听课或维基上的概念介绍还不能完全消化。此时，慕课将是一种比较好的方式，学生在进行实验或创新的时候，如果遇到不懂的概念，可以通过反复观看慕课来加深理解。此外，还可以通过概念图或思维导图来引导学生整理知识体系，或作一定程度的想象、发散与关联，让新的知识能够与已有的认知形成关联。

教师主要的工作将迁移到设计学习内容、设计实验、组织教学答疑支持、规划创新方向、

组织创新活动等方方面面，但课堂上的教学仍然非常必要。通过老师结合案例进行深入浅出的讲授，学生可以对本专业的知识体系有一个宏观的把握。一方面，听课仍然是学生最为习惯的学习方式；另一方面，此时学生们的自学能力并未建立起来，自己还很难独立从一门侧重于原理的课程里窥探到完整的系统，需要老师通过讲解来进行引导。

维基（wiki）是一种采用 Web2.0 模式对知识点进行组织的互联网内容形态，可以引入教学资源建设的过程之中。例如，在北邮所作的新生导论课中，利用火花空间上的维基版块，教师可以将分散在十几本教科书中的知识点形成知识库，还可以与外部的知识库形成关联，并建立知识图谱[6]。在实验或项目的描述文字中，嵌入相关知识的链接，就可以让知识点与应用关联在一起，让学生可以清楚地感受到一个概念或知识点如何在具体的应用项目中被使用。如果学生对某个领域的知识感兴趣，也可以深入拓展，自己查阅更多的相关知识，丰富自己的认知。

课程维基中，大量的概念在文章中通过内链或外链彼此关联，可以为学生提供更为清晰的知识与知识之间相互关联的引导。维基的协同编辑功能也是其重要特征，这使得其知识承载动态可演化。学生如果愿意，也可以参与丰富知识库的工作，从知识的消费者变为知识的贡献者。例如，修改或完善课程维基，使之更加适合于初学者的需求，这本身也是一次很好的建构知识体系的体验。

3.实验引导。

实现“做中学”，实现团队学习与自主学习，培养动手能力，建立对实际电子信息系统的深入理解，需要借助于实验来完成。通过触摸实际的电路板与元器件、在实际的云平台上进行开发、通过自己开发的手机程序访问真实的数据、通过程序测试真实的网络协议交互过程等等，会让学生感受到成就感，也会极大的激发他们的自学兴趣和对专业相关领域的探索欲望。

在实践中遇到困难求助求教的时候，学生会感受到来自老师、同学、学长的关心与指导，也会感受到创客社群文化的魅力。而克服困难通过自学完成实验的过程，会让学生感受到前所未有的成就感。

“工欲善其事，必先利其器”。在信息化时代，学生获取信息的手段已经不再局限于课堂和书本。大学新生对于网络上专业领域的技术资源和学习资源通常也并不了解，在导论课中，可以通过实验内容适度引导学生利用互联网来学习一些技术或学科相关的理论知识。

实际上许多的理论发现都是来自于实验过程中的灵感。通过实验试错来驱动学习和创新，本身就是一种很好的学习方法。这种训练在高中时候是很少进行的，但在大学以后将越来越多。

4.创新引导。

引导学生进行创新，学生自然会考虑如何对所学知识进行灵活的运用，而对创新目标的渴望也将引发他们进一步的学习动机。

以往，限于技术与学识，新生往往是校园创新竞赛与展示活动的旁观者或局外人。然而，得益于开源文化和开放系统互联的理念，新人可以得到大量的学习资源，并在其基础上进行微创新。开源本身就是一种重要的创新方法。在北邮大一新生导论课的教学中，教师引导学生将自己的创新作品在课程教学平台上进行展示，并将代码在 Github 上开源，建立回馈开源社区的意识。此外，学院单独为新生提供一个专属于他们的展示交流平台，即导论课创新作品展，类似于专属于新生的创客嘉年华，让他们能够有机会“玩起来”，欣赏同学们的智慧，展示他们的创新乐趣与热情，也促进他们与外界进行交流。在这些活动中，虽然也安排了一些竞争性的评奖，但更加侧重强调热情、乐趣、学习、自由、互助、分享这样的文化内涵。

新生所展示出来的学习热忱或创新成就对老师也会很有启发。通过学生作品，老师可以对学生各方面的成长状况有所了解。由于大学一年级学生的创新能力尚未被整个社会系统的开发过，所以当已经是专业领域的参观者回忆起自己大一时的懵懂状态时，他们都对新生取得的成就感到惊讶。

老师可以引导学生关注身边真实存在的需求与问题，培养学生的设计思维，做生活化创新。学生从自己擅长或熟悉的事物入手，首先是没有陌生感；应用刚刚学到的专业知识，通过技术或产品的创新进行改良，容易产生很多创新点，增强学生继续创新的信心。

目前限于导论课的课时，不可能非常系统的介绍创新方法论，但也正因为如此，新生的创新活动是一种非常自然的状态，呈现出原生态的自由奔放，富有想象力。

随着创新交流活动的增多，新生们也会意识到自己对于创意方法、设计思维、商业模式、精益迭代等方面能力的欠缺，并且会从多种角度思考问题。这也为学生将来逐步养成“大工程观”埋下伏笔，即能够意识到实际工程问题的复杂性，从社会、环境、经济、管理等多个角度考量工程中的各种问题。

5. 学习反思与自主学习。

综上，在成长引导、知识引导、实验引导和创新引导的综合引导之下，教师和学校可以从专业知识与实践创新两个角度对新生的成长提供较为全面的支撑。学生的自主学习能力、团队合作能力、交流沟通能力、项目管理能力、工程知识的应用能力、设计创新能力都将得到锻炼。这些引导的目的，如果归结到一点，就是为了在新生阶段，通过多种与工程与专业相关的学习实践活动，引发学生对自我成长与发展的探索与反思，激发学习兴趣，找到学习方向，熟悉学习方法，形成学习的自驱力，从而实现自主学习甚至是终身学习的习惯。大学一年级是人生的一个关键期，这个阶段的自驱力方向有时候甚至决定了此后人生的方向。工科大学应该尽力为学生提供更多更好的引导服务，来帮助学生渡过这一关键期。

新的教学方式里，学生的学习路径已经有了很大的不同。学生除了听讲学习以外，还会向同伴学习、根据兴趣或好奇心自学、在实践中学、因为需要解决问题而学习。学生如果意识到自己作为工程师的一种使命或是社群中积极主动的一个贡献者，那么这种学习还将体现出一种为实现自我价值而学习的特点。对比来看，大一阶段的传统教学方式是“老师讲授，学生听讲学习考试”，和高中的学习方式没有特别大的本质不同，并不能够引发学生产生更为深刻的工程认知，或形成更为活跃的创新思维。

由此看来,自主学习既是实现上述工程认知教育的一个前提,也是这种学习模式的一种目标。麦考姆斯认为,自主学习能力是自我系统发展的结果[7]。自我系统包含了自我概念、自我意象、自我价值等结构成分,决定了个体在学习动机的强弱。在导论课的学习过程中,自主学习表现为一种学习者应对不同学习任务的自学,和其他的自学没有什么不同;在导论课之后,学生体验了专业知识、实验、创新、协作等等工程相关的各种要素,就会将自我意向引向工程师或创新者的身份,从而形成了新的自我系统。这是一种认识上的飞跃,也将决定学生在后续的学习中以何种视角看待科学、技术、工程与创新,并进行有目的自我建构,因此其意义是有显著不同的。

国际工程教育界也非常重视自主学习。国际本科工程学位互认协议《华盛顿协议》明确要求毕业生“具备自主学习、终身学习的意识,有不断学习和适应发展的能力”[8]。我国工程教育的“新工科”提出,未来教育将“以学生为中心”、提高学生适应变化的能力和工程创新能力,推动校企协同育人,引入多样化的教学模式,并将探索多学科交叉融合型的工程人才培养[9]。显然,新工科教育时代,学生将成为积极的学习者。自主学习能力的提升,将变得更加迫切。本文所提出的工程专业认知及其引导方式创新,从新生一入学就开始从工程专业认知的过程中培养学生的综合素养,对学生形成自主学习能力有重要的价值,也有利于形成面向工程创新的终身学习能力。

参考文献:

- [1]邱秧琼,宋扬,顾征,孔寒冰.工程导论:工科大学生的必修课[J].高等工程教育研究,2009(1):115-119.
- [2]沃尔特·G·文森蒂.工程师知道什么以及他们是如何知道的——基于航空史的分析研究[M].周燕,闫如,彭纪南,译.杭州:浙江大学出版社,2015.
- [3]UCL 大学 IEP 计划网站:
http://advancedteaching.cs.ucl.ac.uk/iep_status/.
- [4]韦钰.神经教育学对教育改革的促进[J]科学教育与博物馆,2015,1(6):396-400.
- [5]庞维国.从自主学习的心理机制看自主学习能力的培养的着力点[J].全球教育展望,2002,31(5):26-31.
- [6]火花空间网站:<http://oursparkspace.cn>.
- [7]庞维国.论学生的自主学习[J].华东师范大学学报(教育科版),2001,20(2):78-83.
- [8]林健.如何理解和解决复杂工程问题——基于《华盛顿协议》的界定和要求[J].高等工程教育研究,2016(5):17-26.
- [9]钟登华.新工科建设的内涵与行动[J].高等工程教育研究,2017(3):1-6.