

新工科教育的融合创新与路径突破

——苏州大学纳米科技创新人才培养的案例研究

秦炜炜^a, 王穗东^{b①}

(苏州大学 a.教育学院; b.纳米科学技术学院, 江苏 苏州 215123)

摘要: 新工科教育普遍面临无既定人才培养模式、教学科研分离、课程体系单一和教育资源国际化不足等问题。苏州大学纳米科学技术学院作为新工科学院的典型代表,通过创建以研究性学习为载体的教学科研深度融合机制,建立学段贯通、学科交叉融合的个性化人才培养体系,建成多方协同的国际资源融合平台,构建形成了纳米科技创新人才“三融合”培养模式。其“学科先行、专业后发再并行”的发展思路,超前把握学科增长点、快速占据学科制高点的办学路径,全方位开放和深度自主的办学机制对新工科教育的创新发展具有一定的借鉴意义。

关键词: 新工科教育; 创新人才; “三融合”培养模式

中图分类号: G649.21 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-4203(2018)02-0079-06

The Innovative Pathway of Emerging Engineering Education

——A Case Study of the Talent Cultivation of Nano Science and Technology

QIN Wei-wei^a, WANG Sui-dong^b

(a.School of Education; b.College of Nano Science and Technology, Soochow University, Suzhou 215123, China)

Abstract: There existed such problems in the emerging engineering education as no talent cultivation mode, separation between instruction and research, unitary curricula, and less internationalized education resources. The College of Nano Science and Technology (CNST) at Soochow University formed the “three-integration” education mode in emerging engineering, which were consisted of an inquiry-based learning mechanism, a multi-disciplinary personalized education system, and a multi-collaboration platform. CNST provided such insights for emerging engineering education: the disciplinary goes ahead of the major, then develop parallelly; it should hold the commanding point of the disciplinary growth; it should establish the open and autonomous mechanism.

Key words: emerging engineering education; creative talent; “three-integration” education mode

① 收稿日期:2017-12-14

基金项目:国家社会科学基金(教育学)青年项目(CHA120135);江苏高校品牌专业建设项目(PPZY2015A028)

作者简介:秦炜炜(1983—),男,陕西旬邑人,苏州大学教育技术系主任,副教授,教育学博士,从事教育信息化、创新人才培养研究;王穗东(1977—),男,广东汕头人,苏州大学纳米科学技术学院副院长,教授,博士生导师,从事应用物理、高等教育管理研究。

随着新一轮科技革命和产业变革席卷全球,“以新技术、新产业、新业态和新模式为特征的新经济”^[1]形态的出现对传统工科专业和工程教育提出了新的挑战,同时新经济的蓬勃发展又有赖于工科专业的改造升级和工程教育的改革创新。而强调创新创业能力和跨界整合能力的新型工程科技人才培养是工科专业升级和工程教育创新的根本使命,也是新经济发展繁荣的动力之源。面对新一轮科技革命和产业变革以及由此引发的新经济潮流对传统工科产生的巨大冲击,新工科应运而生。新工科作为一个具有中国特色的教育概念所引发的热议和系列行动反映了当前我国工程教育面临的国际竞争压力和现实挑战。较之传统工科,新工科泛指产生时间较短,尚未形成较为成熟的工程教育理念、学科专业结构、人才培养模式、教学质量标准、组织运行机制和支持服务体系的新兴工科专业领域。

战略性新兴产业作为“培育发展新动能、获取未来竞争新优势”^[2]的关键领域,对我国经济社会的全局和长远发展具有重大引领作用。为此,2010年教育部专门设置了纳米材料与技术等140个与战略性新兴产业相关的本科新专业。尽管这些专业发展至今已7年有余,但并不代表它们已成为相应领域的主流专业,仍属于新工科的范畴。在“大众创业、万众创新”的时代背景下,创新人才已成为一国谋求创新、促进发展、实现繁荣的首要战略资源。^[3]如何探索构建适应战略性新兴产业发展需求的创新人才培养模式就成为新兴工科专业教育的重要使命。因此,在新工科备受关注的时代背景下,对近年来纳米材料与技术等新工科专业的典型创新人才培养实践进行回溯分析和案例研究,或许会为当前正在勃兴的新工科建设提供一种新的视角。

一、新工科教育面临的现实问题与挑战

以纳米科技为代表的战略性新兴产业既是培育经济发展新动能、获取未来科技竞争优势的关键领域,又是当前新工科建设的主要目标指向。无论是战略性新兴产业,还是新工科建设,对于我国的科技进步、技术创新、学科建设、人才培养和高新技术产业都有着重大的引领和推动作用。然而,随着新经济的快速发展,新技术、新产业、新业态和新模式层出不穷,新工科教育普遍面临如下问题和挑战。

1. 新工科教育无既定人才培养模式

无论何种新工科,由于学科处于起步阶段,专业

设置时间短,尚无既定人才培养理念和模式,必然导致创新人才培养乏力,短时间内难以满足相关产业领域对新型科技人才的迫切需求。同时,由于新工科往往产生于多个学科的交叉区域,大多属于边缘交叉学科,表现出较强的学术活跃度和前沿性,相关产业领域转型升级快、技术革新快。这就使得新经济对新型科技人才的需求与新工科教育创新人才培养乏力的矛盾不断加深。高等学校如何超前谋划,提前布局,及时调整学科专业结构,探索新工科人才培养的有效模式,进而适应并引领新兴产业和技术的创新发展成为高校新工科教育面临的重要挑战。

2. 教学科研渐行渐远的现实困境

现代大学作为一国科技创新的重要力量,在科研上追求卓越本无可厚非,但因此忽视教学和人才培养则背离了大学的应有之义。^[4]当前,由于高校教学科研的分轨发展,科研未能充分有效地融入教学,科研成果向教学资源的转化率低,教学科研渐行渐远,不利于创新人才的培养。对于传统主流学科而言,由于强大的发展惯性,要从根本上改变“重科研、轻教学”的失衡局面并不容易。然而,对于新工科而言,无论是学科建设,还是专业发展,抑或人才培养都处于起步阶段,因此从一开始就探索教学科研的深度融合机制是形成新工科创新人才培养路径的着力点。

3. 传统课程体系的单一性与新工科交叉性之间的矛盾

对于传统主流学科而言,经过多年的沉淀发展已经形成了较为清晰的学科边界和完备的课程体系。但对于新工科而言,其显著的多学科交叉特征和多向度知识结构对课程体系提出了新的要求。显然,囿于单一学科、单一学段的传统课程体系难以适应新工科对课程体系的学科交叉性和知识结构的多向度提出的新要求,也无法满足新工科创新人才的培养需求。因此,深入把握新工科的交叉学科本质和多学科知识基础,探索多学科交叉融合的全新课程体系及人才培养体系是构建工程教育新结构和新体系的重要路径。

4. 教育资源国际化不足与国际化人才培养之间的矛盾

当前,国际化人才培养已成为世界各国应对经济全球化和科技飞速发展的必然选择。对于新工科而言,培养国际化人才的需求更加紧迫。国际化人才的培养有赖于丰富的国际化教育资源。然而,本校本地教育资源国际化程度不高、国际优质教育资源融入缓慢一直是许多工科专业国际化人才培养面

临的现实难题。加之教学资源更新慢、时效性不强，其难以适应新工科领域知识更新快、技术革新快的需求。这就要求高校在充分利用本土教育资源的同时主动发掘优质国际教育资源，不断增强新工科教育资源的国际化程度和更新速度，进而提升国际化科技人才的培养能力。

二、苏州大学纳米科技创新人才培养的探索与实践

苏州大学早在 2008 年就立足对新兴科技产业的前瞻性分析，开始了纳米科技创新人才培养的初步探索。经过 10 年的实践，探索出一条符合新经济发展要求、适应战略性新兴产业发展需求和新工科演进规律及特点的纳米科技创新人才培养模式，成效显著。苏州大学纳米科学技术学院（简称纳米科技学院）先后入选国家试点学院、牵头入选国家“2011 计划”协同创新中心和国家创新人才培养示范基地，被《自然指数》（Nature Index）特刊誉为“中国高等教育的创新先锋”^[5]。

1. 纳米学科的初创与探索

2008 年之前，苏州大学并没有纳米材料与技术这一学科领域，但其材料科学、化学、物理学、工程学、临床医学、生物学与生物化学等 6 个与纳米密切相关的学科领域实力雄厚，现均已进入 ESI 全球学科排名前 1%。2008 年伊始，学校决定将纳米科技作为适应和引领新兴产业变革的重要抓手。在时任

苏州大学党委书记王卓君与校长朱秀林的力邀之下，时任香港城市大学超金刚石及先进薄膜研究中心主任的中科院院士李述汤于 2008 年 6 月全职加盟苏大，担任材料科学与化学化工学部主任，并领衔创立了功能纳米与软物质实验室，开始了苏大纳米学科发展的实践探索。一年之后，该实验室获批江苏省碳基功能材料与器件重点实验室，纳米学科所属的材料科学与工程入选江苏高校优势学科建设工程。2010 年，面对教育部设置战略性新兴产业相关本科新专业的历史机遇，苏州大学成为全国首批设立纳米材料与技术专业（简称纳米专业）的 5 所高校之一，标志着苏大纳米学科首次形成了完整的本硕博人才培养体系。同年，纳米科技学院宣布成立，并成为国内首家具有本科教育的纳米科技学院，也标志着苏州大学纳米科技人才的培养实践步入一个体系完备、运行独立的全新发展阶段。

2. 纳米科技创新人才“三融合”培养模式的构建与实践

面对纳米相关战略性新兴产业对创新人才的迫切需求，针对纳米专业设置时间短、无既定人才培养模式、创新人才培养乏力的现实挑战，结合纳米学科的前瞻性、创新性、交叉性和前沿性特征，经过多年的研究与实践，苏州大学纳米科技学院形成了“具有创新思维能力、具备学科交叉优势、拥有国际化视野”的纳米科技创新人才培养新理念，从学段、学科、地域三个维度构建形成了立足教科融合、学科融合、国际融合的纳米科技创新人才“三融合”培养模式（如图 1 所示）。

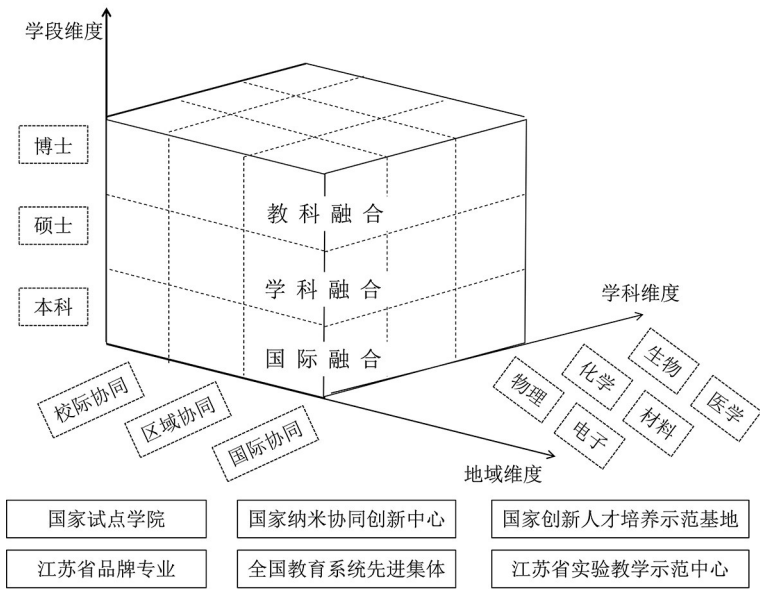


图 1 纳米科技创新人才“三融合”培养模式

(1)以研究性学习为载体,构建教学科研深度融合机制。

面对高等教育人才培养过程中教学科研渐行渐远的现实困境,结合新工科的前瞻性和创新性特征,纳米科技学院以研究性学习为载体,构建了教学科研深度融合机制,将优势科研资源以新课程、新项目等形式转化为优质教学资源。教授全员参与一线教学,将科技前沿和创新训练融入教学,建立国家级、省级、校级和院级“四级”创新训练体系,实行师生双向选择、学段贯通的本科生全程导师制,实现全部本科生都有教授导师、全部本科生都参与项目实践、全部科研仪器都向本科生开放,全面提升学生的创新思维和实践能力。

(2)构建学段贯通、学科交叉融合的个性化人才培养体系。

针对传统课程体系囿于单一学科、单一学段,难以培养创新人才跨学科能力的问题,纳米科技学院充分考虑新工科的学科交叉特点,致力于打造学缘广泛、多学科背景的教师队伍,建立本硕博贯通培养的全新课程体系,通过建立多样化人才培养方向形成了多学科交叉融合的个性化人才培养体系。研究生基础课全部开放为本科生选修课;本科生自主选择培养方向,一个方向的必修课同时是其他方向的选修课;研究生自主选择培养方向,可跨学科选课程、跨学科选导师、跨学科晋升学段、跨学科选课,形成了跨四个一级学科的多元化人才培养方向,并显著增强了学生的学科交叉优势。

(3)建成多方协同的国际资源融合平台,有力提升学生国际化视野。

面对本校本地教育资源难以满足国际化人才培养需求的现实难题,苏州大学纳米科技学院设立“2011计划”国家纳米科技协同创新中心,实现了优质教育资源的积聚共享。该院还致力于建设国际化教师队伍,全院73名专任教师都拥有海外学术经历,40%以上的教师具有海外名校博士学位,约20%为全职外籍教师。同时,该院努力构建国际化课程体系,实行全英文教学,专业课使用英文原版教材,创建独立的英语语言中心,形成了以小班化、互动式教学为特色的学术英语课程群;通过与加拿大滑铁卢大学和德国洪堡大学等世界著名高校合作开展“2+2”本科、“3+1+1”本硕连读、“2+2”博士和CO-OP学生互访等国际联合培养项目,本科生参加海外研修超过60%,有效提升了学生的国际化视野和学术交流能力。

3.依托国家试点学院,构建以创新人才培养为

核心的全方位支持服务制度

为了确保纳米科技创新人才“三融合”培养模式的有效实施,纳米科技学院制定了《苏州大学纳米科学技术学院章程》,与苏州工业园区管理委员会、加拿大滑铁卢大学联合成立学院理事会,同时成立教授委员会、教学委员会、学术委员会和学位评定委员会。该院还组建招聘考核、招生就业、研究生事务、博士后评议、对外合作、重大项目协调、科研管理、实验室管理和财务管理等9个教授负责的工作组,构建以教授为主导的学者共同体治院模式。^[6]该院各项事务由各委员会和工作组集体规划、民主决策,强化教授的参与权和决策权。该院行政人员全面实行职员制,无行政级别,建立职员评价体系,强化职员服务意识和能力。纳米科技学院通过构建学术权力与行政权力相对独立、相互支撑的治理新格局形成了以创新人才培养为核心的全方位支持服务制度。

三、新工科教育的创新发展之道

苏州大学在10年的时间里不仅实现了纳米学科从无到有的突破,使纳米学科(材料科学)进入ESI全球1‰^①,还探索形成了纳米科技创新人才的“三融合”培养模式,使纳米科技学院成为国家级创新人才培养示范基地。作为新工科的典型代表,纳米学科专业在苏州大学的创新发展无疑对当前正在兴起的新工科教育具有一定的借鉴意义。

1.“学科先行、专业后发再并行”的发展思路

苏州大学纳米科技学院卓有成效的实践探索首先得益于其“学科先行、专业后发再并行”的发展思路,即先于2008年组建功能纳米与软物质(材料)实验室,致力于纳米学科建设和研究生教育,并在短短一年的时间里建成江苏省重点实验室和江苏省优势学科两大省级学科平台,2010年又获批江苏省产学研联合重大创新载体建设项目和江苏省科技创新团队,共获资助2900万元,为纳米科技人才的培养奠定了坚实的学科基础。首先,学科建设不仅是专业发展的基础,也是人才培养的根本保障,只有具备较为坚实的学科基础,新工科教育才不至于成为无源之水、无本之木。学科建设重在提升新工科的科研实力,但其发展形成的却“不仅是一个科学研究的平台,也是一个教学的平台;不仅是一个学者队伍的平台,还是一个服务社会的平台”^[7]。换言之,学科建设形成的平台同时具有科学研究、人才培养、社会服务和师资培育等多重功能,而专业发展形成的教学

平台、社会服务平台的功能比较单一,多集中在人才培养和社会服务等方面。其次,紧跟学科前沿和行业一线是新工科适应产业变化、引领学科发展的必然要求,而以科学研究和技术革新为重点的学科建设无疑是其立足科技前沿、保持创新活力的重要依托。优势的学科并不代表优质的专业教育,但优质的专业教育一定离不开优势学科的支撑。因此,短时间内积聚学科优势,打造优势学科平台是新工科教育快速起步、保持发展后劲的有效策略。再次,较之专业教育,学科建设更容易在短期内取得明显成效。科研产出的数量和质量是检验学科建设成效的主要尺度,而人才培养质量是衡量专业教育质量的关键指标。尽管科研产出不可能一蹴而就,但相对于人才培养,前者在短期内完全可能有所建树,而后的不确定性很强,需要更多的支持条件。因此,学科建设先行,专业教育后发,进而实现二者的融合共进是新工科教育短期内实现跨越式发展的可能路线。

2.超前把握学科增长点、快速占据学科发展制高点

苏州大学纳米学科在 10 年间不仅实现了从无到有的历史性跨越,还在 2017 年“软科世界一流学科排名”中名列全球大学纳米科学与技术学科第 24 位^[8],成为“双一流”建设背景下一流学科建设的典型代表。苏大纳米学科的迅速崛起引人瞩目,但也并非“无中生有”,它是建立在材料科学、化学、物理学、工程学、临床医学、生物学与生物化学等相关学科(均已进入 ESI 全球学科排名前 1%)坚实的基础之上的。苏州大学正是基于上述学科的集群优势,紧紧把握国家加快培育和发展战略性新兴产业的历史机遇,将纳米学科作为这些学科新的增长点和发展极,审时度势,果断出击,短时间内抢占纳米学科发展制高点,为纳米科技创新人才的培养奠定了坚实的基础。当然,任何学科的发展特别是在学科起步阶段都离不开经费的支持,新工科的迅速崛起更需要强有力的资金保障。在功能纳米与软物质实验室初创之时,苏州大学在办学经费紧缺的情况下毅然斥资 5000 万用于实验室的建设,嗣后又以配套资助的方式投入 7500 万元支持纳米科技学院的后续发展。纳米科技学院也不辱使命,截至 2017 年 10 月,其累计获得“863”计划、“973”计划、国家重点研发计划和国家自然科学基金委重点项目等各类国家和地方项目 342 项,总经费逾 9.1 亿元,不仅实现了科研实力的巨大跃升,更使苏大材料科学于 2017 年首次迈进 ESI 全球 1%并入选“双一流”建设工程中

的世界一流学科建设名单。

总之,高校若要在新工科领域有所建树,造就学科高峰,应超前谋划,准确定位本校新工科的增长点,引进学科领军人物,加大投入,力争在短时间内跻身优势学科甚至一流学科的行列。

3.全方位开放办学:新工科教育勃兴的必由之路

在教育实践中如何实现全方位的开放办学,进而促进创新人才的培养是新工科教育面临的现实难题。苏州大学纳米学科的建设无论在早期的实验室,还是后来的纳米科技学院,始终坚持“面向国际、面向全国、面向区域”的全方位开放办学理念,面向全球延揽人才,建成了一支国际化教学科研队伍,聘请了 20 余位包括诺贝尔奖得主、美国科学院和工程院院士等在内的世界顶尖科学家组建多个实体性国际联合实验室;在全国范围内聘请了 22 位著名学者(其中两院院士 17 名)组成学术委员会,为纳米科技学院的改革发展提供宏观指导;联合苏州工业园区管理委员会和加拿大滑铁卢大学成立学院理事会对纳米科技学院进行国际化与本土化相结合的开放式管理;面对区域纳米产业的发展需求,与江苏省产业技术研究院及苏州市吴江区人民政府合作共建江苏省产业技术研究院—有机光电技术研究所,获批建设经费逾 3.6 亿元。

开放意味着信息、物质或能量的交换和消长,而全方位开放办学带给学校的是信息、资源和力量的持续增长。对新工科而言,全方位开放办学尤为必要。一方面,多学科交叉融合的特点需要新工科淡化学科边界,增强与相邻或相关学科领域的联系和渗透,在学科的边缘交叉地带寻求和培育新的学科增长点。苏大纳米学科发展所形成的纳米生物医学技术、碳/硅纳米材料与器件、有机光电材料与器件、结构化功能表面与界面、材料模拟与设计等五大研究方向正是纳米学科与物理学、化学、生物学和医学等不同学科门类交叉融合而成的,且与新材料、新能源、生物医学和节能环保等国家战略性新兴产业息息相关。另一方面,新工科的国际前沿性和产业贴近性决定其无论在学科建设,还是专业教育方面,只有紧跟国际发展前沿、把握产业变革趋势,才可能在未来占据学科制高点,形成一流的新工科教育。而与世界著名科研机构及科学家在人才培养、科学研究和社会服务等方面开展深度合作,邀请合作研究机构、地方政府、产业界代表参与新工科教育的决策和管理,与产业界联合建立科技研发转化平台无疑是开展新工科教育的必要途径,也是新工科教育全

方位开放办学的意义之所在。

4. 深度自主办学:新工科教育创新的活力之源

作为新工科的典型代表,苏州大学纳米学科的迅速崛起和创新人才培养的卓越实践虽然与其探索形成的工程教育新理念和“三融合”人才培养新模式密不可分,但学校不断扩大学院办学自主权、充分激发“教授治学”的创新活力也是纳米科技学院取得如此辉煌成就的有力保障。有关高校办学自主权的理论探讨早已有之,然而在实践层面高校享有多大的自主权才最为合适、最能促进高校创新人才培养能力的提升依然是一个悬而未决、争议不断的高等教育难题,至于高校内部二级学院的办学自主权更是鲜有论及。如果说高校的办学自主权蕴含着一所大学持续发展的潜力,那么二级学院的办学自主权决定着学科建设和专业发展的创新活力。对于肩负新兴产业技术创新人才培养使命的新工科教育而言,要在短期内实现弯道超车、培养一流人才就必须“兵行险着”,选择有别于传统工科教育的发展之路,享有充分的办学自主权无疑是新工科教育实现创新发展的重要条件。苏州大学对纳米科技学院提出的无时间限制、无指标规定、无框架局限的“三无”承诺和“能放则放、非禁即可”的放权原则使学院拥有招生入学、专业设置、课程设置、师资评聘和财务管理等方面配置人、财、物等各类资源的完全自主权。苏大的“三无”承诺不仅造就了纳米科技学院科研创新有本事、德才兼备有公心、人才培养有活力的“三有”发展成果,还让学院成员享有自主办学的获得感。可见,对于面临学科基础薄弱、无既定人才培养模式的新工科而言,享有充分的办学自主权和资源配置权是保持新工科教育创新活力和发展动力的源泉。

在新一轮科技革命和产业变革不断向纵深发展、新经济对创新人才的需求急剧增长的时代背景下,作为新产业开掘和新技术研发上游环节的新工科及肩负新型工程科技人才培养使命的新工科教育如何在国际竞争日益加剧、科技全球化进一步加深的国际环境中实现迅速崛起和创新发展是新工科建设面临的主要挑战。苏州大学纳米科学技术学院作为新工科学院的典型代表开创了苏大纳米学科专业的新纪元,探索形成了基于教科融合、学科融合与国际融合的纳米科技创新人才“三融合”培养模式。尽管纳米学科并不能代表全部的新工科,但其所具有的研究前瞻性、实践创新性、学科交叉性、国际前沿

性和产业贴近性却与其他新工科并无二致,也是新工科的共性,因而苏州大学在纳米学科建设、专业发展和人才培养方面的卓越实践必定会为当前尚处于起步探索阶段的新工科建设提供有益的借鉴,进而促进新工科教育的融合创新和路径突破。尽管新工科教育事关国家战略性新兴产业人才的有效供给、事关我国能否在全球新一轮科技革命和新经济发展浪潮中赢得先发优势,但要实现不同高校不同新工科的全面发展、百花齐放,形成新工科创新人才充分涌流的工程教育新生态,依然任重而道远。

注释:

- ① 由纳米材料与技术学科引领的苏州大学材料科学领域在2011年5月发布的ESI全球材料科学排名中位列第529位,2014年上升至第255位,2017年则位列全球第70位,进入ESI全球1‰,跻身世界一流学科。

参考文献:

- [1] 张大良. 因时而动,返本开新,建设发展新工科——在工科优势高校新工科建设研讨会上的讲话[J]. 中国大学教学,2017,(4):4-9.
- [2] 国务院关于印发“十三五”国家战略性新兴产业发展规划的通知[EB/OL]. [2017-10-10]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2016-12/19/content_5150090.htm.
- [3] 秦炜炜. 中国创新人才的自主供给及其提升对策[J]. 苏州大学学报(教育科学版),2017,(2):27-36.
- [4] 秦炜炜. 大学教学发展的组织变革与体系构建——多伦多大学个案研究[J]. 高等教育研究,2014,(3):54-62.
- [5] College of Nano Science & Technology: Innovative pioneer of higher education in China[EB/OL]. [2017-10-11]. <https://www.natureindex.com/supplements/nature-index-2016-collaborations/Institute-of-Functional-Nano-and-Soft-Materials-FUNSOM>.
- [6] 周光礼. “双一流”建设中的学术突破——论大学学科、专业、课程一体化建设[J]. 教育研究,2016,(5):72-76.
- [7] Shanghai Ranking's Global Ranking of Academic Subjects 2017——Nanoscience & Nanotechnology[EB/OL]. [2017-10-24] <http://www.shanghairanking.com/Shanghairanking-Subject-Rankings/nanoscience-nanotechnology.html>.
- [8] 别敦荣. 我国高等学校的自主办学与西方的大学自治[J]. 高等教育研究,1999,(5):33-35.

(本文责任编辑 许 宏)