

法国大学校如何成为世界一流

——巴黎综合理工学院办学特色与启示

姜曼, 周朴

(国防科技大学 前沿交叉学科学院, 湖南 长沙 410073)

摘要: 巴黎综合理工学院是法国的顶级学府, 为法国社会培养大量精英, 法国人以拥有这样一所高校而骄傲。在巴黎综合理工学院长期发展的过程中, 形成了特色鲜明的军事特质、培育精英的教育理念、文理并蓄的培养体系、平台广泛的交流合作等办学举措, 这些举措有效推动了其成为一所世界一流学府。本文在总结巴黎综合理工学院成功经验的基础上, 试图归纳出其对国内高校“双一流”建设的有益启示。

关键词: 双一流; 巴黎综合理工; 办学特色

中图分类号: G649 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-8874 (2019) 03-0060-07

How French Institution of Higher Education Become World-class: Characteristics and Enlightenment of École Polytechnique

JIANG Man, ZHOU Pu

(College of Advanced Interdisciplinary Studies, National University of Defense Technology,
Changsha 410073, China)

Abstract: École Polytechnique is a top university in France. It trains a large number of elites for French society. The French are proud to have such a university. In the long-term development process of École Polytechnique, some measures of running the university have been formed, such as emphasizing distinctive military characteristics and the educational concept of cultivating elites, integrating arts and sciences, and establishing the varied platforms for exchange and cooperation, which have effectively made it a world-class university. On the basis of analyzing the successful practice of École Polytechnique, this paper intends to reveal how it may shed light on the construction of “double first-class” universities in China.

Key words: “double first-class” initiative; École Polytechnique; university management characteristics

一、引言

法国采用大学校和大学这种独特的“一个国家, 两轨高教”的高等教育发展模式, 是世界高等教育领域的一枝独秀, 大学校的教育模式是法国首创, 在漫长的历史过程中为法国各界提供了

各种精英人才^[1]。具有两百多年历史的巴黎综合理工学院无疑是大学校体制中的佼佼者, 在过去和现在都肩负着“为了祖国、科学与荣誉”的使命, 为法国培养了大批优秀人才, 其中包括三位诺贝尔奖获得者、一名菲亚特奖得主、三位法国总统和近半数以上的法国企业的首席执行官, 以及数以万计的顶尖工程师。这使得巴黎综合理工

学院在法国享有盛誉,在世界高等学府中具有不可替代的位置。原国家自然科学基金委员会主任杨卫院士认为该校的地位与国防科技大学相当,这也激发了我们的研究兴趣。2018年诺贝尔物理学奖重磅出炉,来自于巴黎综合理工学院的科学家杰哈·莫罗(Gerard Mourou)和另外两位科学家分享殊荣,巴黎综合理工学院再次受到全世界的关注^[2]。鉴于以上原因,本文以巴黎综合理工学院为研究对象,剖析其人才培养的有效举措,以期为国内高等院校的“双一流”建设发展提供有益借鉴。

二、巴黎综合理工学院的办学举措分析

(一) 特色鲜明的军事特质

1794年,大革命如狂风暴雨一般席卷了整个法国,法兰西共和国面对的境况可谓是外敌压境、内乱频起。风暴中道路桥梁等基础设施被严重破坏,为修复这满目疮痍的境况,国民公会决定兴办一所培养具备全面科学素质工程师和高级官员的理工学院,巴黎综合理工学院顺势而生,拉普拉斯、拉格朗日、安培、蒙日和贝莱托等科学巨擘都在此任教职^[3]。1804年,拿破仑把这所学校改建成为一所军校,隶属法国国防部,为军队培养了大量的道桥工程师和炮兵、工兵工程师。他们活跃在拿破仑的各场战争中,拿破仑为其确立了“为了祖国、科学与荣誉”的校训,并通过一系列的举措将其铭刻在综合理工人的心中,这一时期的巴黎综合理工学院也达到了荣耀的顶峰^[4]。巴黎综合理工学院于1970年脱离法国军队序列,不再是一所严格意义上的军校,但仍隶属于法国国防部管辖。代表巴黎综合理工学院军事底色的“大制服”得以保留,这套制服同时还包含一个两角帽和一把佩剑。该校学生在法国的年度阅兵仪式上会身着大制服走在受阅队伍的最前列,也会其他的军事仪式和舞会等正式场合穿着这套制服,以彰显综合理工人的风采。此外,巴黎综合理工学院的法籍学生均拥有军官身份且领取军饷,所有本科学员在第一学年都要在Courtine训练营接受为期3周的军事训练,之后有四分之三的学生将在法国四大军种和军备总局等军事单位完成为期半年的部队实习^[5]。

除了军事训练和部队实习,巴黎综合理工学

院鲜明的军事特质还体现在与军事传统密不可分的体育运动项目上,击剑、柔道和马术等项目都源自于军事化教育理念。体育在巴黎综合理工学院的学生教育中起着至关重要的作用,学校规定学生每周必须要有6个小时的体育锻炼时间,而且学校的大部分体育老师和教练都是法国军队的专业教官,他们对学生的管理和训练都是按照军事化要求进行^[6]。根据军校组织管理体制,选修不同军事体育项目的学生会被分成15个排,15个排又会分别分在5个连里,每5个连设为一个营^[7],偶数年份入学的是1至5连,被称为“红色级”,奇数年份入学的是6至10连,被称为“黄色级”。营负责人通常由一名中校军衔的指挥官担任,连负责人则可能是一名少校、上尉或中尉军官负责,排负责人则由一名军衔为总军士长、军士长或者上士的高级士官担任。学生们的各种生活以及校园活动,也同样以连排为单位展开。这种军事特色的校园活动组织模式,在培养综合理工人的坚强意识和集体荣誉感上发挥了不可替代的作用,使他们在毕业之后到各个岗位上都能够迅速地融入团队之中并发挥重要作用。

(二) 培育精英的教育理念

巴黎综合理工学院坚持“精英教育”的理念,在校学生总数不超过3000人,但其毕业生却在法国有着巨大的影响力:在法国前四十强企业里一半左右的CEO毕业于巴黎综合理工学院;达索、空客、赛峰等军工企业长期由巴黎综合理工学院的校友把持;军备总局的将军们也大多是巴黎综合理工学院的毕业生;三大银行之一的法国兴业银行在过去的几十年里只有一个CEO不是巴黎综合理工学院的校友。在2019年QS世界大学就业排名中,巴黎综合理工学院位列全球第30名^[8],在欧洲仅次于剑桥、牛津。进入巴黎综合理工学院学习的学生主要有两种渠道,可以通过入学竞考的预科班学生,也可以是从普通大学平行进入的大学生。普通大学平行进入的方式只针对具有很高学术水平,但没有接受过法式教育的外籍学生。值得一提的是,巴黎综合理工学院的入学竞考是法国历史最久、难度最大的竞考之一。入学竞考历时几个星期,采取笔试和口试两种方式进行,竞考科目包括数学、物理、化学、信息学、法语、地理绘图以及体育考试,最终录取率控制在10%左右。

巴黎综合理工学院最具特色的培养项目是工

工程师培养项目,每年为社会培养500名工程师,其中有400名法国本土学生,100名国际学生^[9]。工程师项目培养的学制为4年,学校向经过3年学习合格的学生颁发工程师文凭,学习4年后毕业的学生将获得综合理工学院文凭^[10]。法国政府每年为其投入4亿法郎的教育经费。巴黎综合理工学院的工程师文凭是法国社会最为认可的金字招牌,毕业生大多进入了赫赫有名的企业,20%左右的优秀毕业生有机会进入法国的国家高级权力机关。除此之外,巴黎综合理工学院每年培养硕士研究生250名,其中一半为国际学生;博士研究生130名,其中40%为国际学生^[11]。选择在巴黎综合理工学院攻读博士学位意味着将在一个极具竞争性的研究中心从事跨学科工作,该中心有22个实验室,其中21个是法国国家科学研究中心的联合研究单位,总共有1650名左右研究人员,博士研究生总数接近500名,研究方向涵盖“生物工程、生物与健康科学”“数字社会的概念与方法”“能源、交通和环境”“复杂系统的建模与优化”“极端条件下的物质和光”“市场、创新与科学社会关系”“纳米科学、创新材料和高效工艺”“宇宙规律和结构”8个研究领域^[12],旨在通过多学科项目解决和应对社会热点问题以及技术挑战。大部分巴黎综合理工学院的毕业博士生会选择在教育和研究领域任职,其中44%的毕业生在企业任职,31%的毕业生在高等教育与研究部门任职^[13]。

师资力量是一所高校办学的重要支撑,“所谓大学者,非谓有大楼之谓也,有大师之谓也”。巴黎综合理工学院深谙此道,一直以来都秉持着一流大学要有一流师资力量的办学理念。建校之初,数学家蒙日、拉普拉斯,天文学家拉格朗日、化学家贝托莱等知名学者就站在巴黎综合理工的讲台上,奠定了这所壮丽学府的高起点。时至今日,巴黎综合理工学院的师资力量主要由来自于世界顶尖学府、法国各大研究中心、以及工业技术和高级行政部门的精英骨干组成;其中有10名教师位列法国科学院的荣誉名单之中。此外,学校还经常聘请著名的社会学家、记者、大型公司的企业领导人等参与教学工作,活跃学院教学氛围。深厚的师资力量为巴黎综合理工学院在自然科学、工程应用、社会科学方面的发展提供了源源不断

的动力。学校对应聘教师没有年龄和国籍的限制,但看重他们的海外学习工作经验和在自身领域的学术影响力,并要求他们对教学工作保持兢兢业业、孜孜不倦的浓厚兴趣。这些优质的师资力量奠定了巴黎综合理工学院高水平发展的基石。

(三) 文理并蓄的培养体系

虽然巴黎综合理工学院是一所以理工见长的学校,但其在学科项目和课程设置上却十分注重文理并蓄。巴黎综合理工学院成立了学术与科研部,汇集了来自中心实验室的教授和研究人员,将各学科的学术研究和教学活动相结合。该部门设有11个科系,它们是数学系、应用数学系、物理系、力学系、化学系、生物系、计算机科学系、经济系、人文与社会科学系、语言文化系和创新管理与创业系^[14]。其优势学科包括数学(全球排名第29位)、物理(全球排名第32位)、工程技术(全球排名第70位),而计算机科学、商业与经济、机械等专业在2019年QS世界大学学科排名中均排在全球前100名^[15]。学校将学生分到各个学科进行专业学习,这是由学生的个人意愿并结合学业呈现的具体状况而定。巴黎综合理工学院的学生经过3年的专业学习,可以获得专业学位。

在多年的人才培养实践中,巴黎综合理工学院构建以了“自然科学课程”为基础,“工程专业课程”和“工程实践课程”为主体,“人文社科课程”为有益补充的课程架构体系,多学科交叉的培养环境滋养了一代又一代的巴黎综合理工学员。此外,巴黎综合理工学院的综合性课程体系主要分为基础理论教育、应用科学技术教育、实践性教育及人文教育。在校本科生的课程前两年主要进行综合性教育,后两年进行专业教育。学生可以在数学、应用数学、生物、物理、化学、计算机、机械和经济八个基础学科领域采取主辅修的方式选择六个领域进行多学科综合学习。为提升学生的人文素质和审美品位,学院设有专门的人文与社会科学系来管理学生的人文社科课程,表1为学生在校期间所要学习的人文社科类课程,可以看出课程涵盖法律、经济学、政治学、管理学、艺术、哲学、建筑学、文学、美学、语言学等方面内容。

表1 人文社科类课程设置

第二年 ^[16]	第一学期	> 法律、经济学和政治学 (商法、媒体); > 人文学科 (政治哲学、宗教史); > 艺术 (艺术史、建筑、设计)。
	第二学期	> 参加艺术史、商业程序和管理等课程; > 主题研讨: 如地缘政治学和战略、心理分析导论、远东哲学等; > 外语和体育课程。
第三年 ^[17]	第三学期	> 现代语言: 除了必须学习两种外语外, 学生还可以选择开始第三种语言, 并在国外实习和语言密集型学习期间进行实践; > 人文社会科学: 为学生提供各种讲座和讲习班, 涵盖哲学和历史、建筑、美术和音乐学等学科。

巴黎综合理工学院通过对学生多学科交叉的综合培养, 不仅发展了学生强大的专业知识领域, 还使学生探索了人文、外语等新的学习领域。除了基础科学外, 学生的管理能力和组织协调能力等其他软技能得到了充分发展, 弥补了理工学生在人文等方面的综合素质。这种多学科交叉式的培养模式在很大程度上给了综合理工学院毕业生在职业发展中的巨大潜力, 使综合理工工人不仅能适应现代化技术的变革, 熟练解决本专业的问题, 还能根据市场变化需求, 解决传统上由社会学家来解决的问题。

(四) 平台广泛的交流合作

注重与国内外其他高等院校、各大科研院所、工商企业以及政府机构的合作交流是巴黎综合理工学院人才培养的又一个显著特点。巴黎综合理工学院主要从事本科生和研究生的人才培养, 并针对企业行政管理人员开设专门的职业培训课程。在本科生培养方面, 巴黎综合理工学院有理学学士和工程师培养两类项目, 学制分别为3年和4年。对于理学学士的培养, 巴黎综合理工学院让学生享受真正的国际环境, 向其提供多元的文化环境, 促进多样性的跨文化对话。至少一门外语的学习是课程的强制性部分。在培养的第三年向学生提供为期半年的出国留学机会^[18]。对于工程师的培养, 巴黎综合理工学院从培养的第三年开始, 要求学生每学年都必须到国内外的公司企业、研究机构或研发中心完成为期3到6个月不等的商务实习或研究实习^[19]。这不仅为学生提供了一个在扩展的个人研究项目中学习科学方法和加入工作团队的机会, 还为学生在他们的专业领域增添了一种文化沉浸和语言方面的内容。此外, 工程师学员在培养的第四年可以选择到政府行政机关

或组织进行培训, 也可以与巴黎综合理工学院的合作伙伴学校进行专业研究, 还可以到法国或国外的大学学习硕士课程或博士课题研究^[20]。巴黎综合理工学院的博士生生源很广, 即有来自法国本土其他大学的学生, 也择优录取来自于世界其他高等院校的学生。其中, 超过40%的博士生是来自45个不同国家的国际学生。并且, 在巴黎综合理工学院, 超过25%的博士生与公司合作来完成博士课题^[21]。这些公司要么是在学校的工业研究培训合作伙伴计划下, 要么是在实验室和公司之间的科学合作下发展起来的大公司。除了培养博士, 巴黎综合理工学院面向工商企业培养硕士研究生, 强调他们的研究经验和实际工作能力。为此, 巴黎综合理工学院为硕士研究生提供了一个独特的环境, 让世界一流的研究中心位于校园内, 附近还有来自法国和国际主要工业集团 (如达能集团、电力集团、道达尔集团、掘场集团和液化空气集团) 的研发中心^[22]。

与此同时, 校企联盟同样是巴黎综合理工学院人才培养过程中一个突出的特色。巴黎综合理工学院的研究合作主要分为四大类, 分别是合同研究伙伴关系、合作研究伙伴关系、工业研究培训协议、博士生专家顾问项目^[23]。其中, 合同研究伙伴关系可谓是科学项目的双边合作研究最常见的形式, 该项目是基于学院和企业共同感兴趣的课题而开发的, 巴黎综合理工学院的实验室在项目中提供技术资源、手段、专业知识和设备。加入该项目的著名公司和政府部门有RSA Le Rubis公司、法国环境与能源管理局、法兰西岛光电研究所等。合作研究伙伴关系是巴黎综合理工学院的实验室参与的由外部融资支持的合作研究伙伴关系。其中包括法国国家研究机构和其他国家机

构的项目、欧洲项目以及地方政府支持的项目,例如与德国合作的 TANDEM2 卫星项目和法国本土的 SMART4G - TABLET 项目。工业研究培训协议是由企业提供财政援助以招募年轻的博士研究生的项目。这些博士生的研究项目将与巴黎综合理工学院以外的实验室一起进行,培养方式是以企业、学院研究中心和博士生三方制度化的合同雇佣制。企业给博士生研究提供课题,博士生有企业的正式员工和学院研究人员的双重身份。学院目前有大约 30 名该协议的博士生。博士生专家顾问项目是在巴黎综合理工学院、公司和博士生之间签订的三方协议,让学院研究中心实验室内的博士生被公司聘为专家顾问,向企业提供产品或专利的竞争定位、技术分析等专业知识;同时,企业向博士生提供相应的职位培训和薪金。这些举措使企业在巴黎综合理工学院的整个教学过程中发挥出了主导者与监督者的角色。这使得学生能够按照社会需求导向发展,在保持学生就业趋势良好状态的同时,也使学生不仅具有扎实的工程基础知识还有较强的工程实践能力,同时能对自己的个人职业生涯做出良性预测。与此同时,巴黎综合理工学院还在不断深化和创新与企业的合作模式,始终关注高层次人才双向交流制度,致力推行产学研联合培养高层次人才的双导师制。这增强了学校教育的开放性和流动性,使其能够顺应资源竞争的趋势,坚持自身特色并共享优质资源,实现了从“单体做强”到“集团优势”的跨越。

三、对我国高校建设的启示

巴黎综合理工学院在 200 多年的发展过程中形成了独具特色的办学风格,已经发展成为高水平大学的典范和特色高等教育的代表,在 2019 年 QS 世界大学综合排名中位居全球第 65 名^[24],在人才培养中具有强劲的竞争力和深远的影响力。巴黎综合理工学院用事实证明“小而精”是有别于“大而全”的另一条发展之道,国内高校只要树立特色发展信心,打造人才培养品牌,重视学科建设水平,构建合力育人机制,一样能够适应社会的发展,不断提高自己的人才培养水平,创建世界一流学府。

(一) 树立特色发展信心

巴黎综合理工学院的成功经验验证了高等院

校的发展离不开自身办学特色。巴黎综合理工学院的优势在于坚持“小而精”的特色发展之路。任何高校的资源都是有限的,有所不为才能有所为,做减法也是艺术。在专业设置上,国内高校在办学过程中不应一味地求大求全,要以顶层设计为先导,坚持自己的办学传统,下大力度优化专业结构,扶持特色学科的发展,集中力量打造比较优势。在氛围营造上,要坚守校园特色文化内涵建设,巴黎综合理工学院的军事特色和文化氛围对培育出具备道德感和使命感、具有求真务实学术精神、具有开放包容文化气质的高层次创新型人才发挥了隐形作用。国内高校要注重发挥自身优势,秉承中华优秀传统文化,坚持走内涵式发展道路,将中国风格和中国气派融入人才培养进程当中。

(二) 打造人才培养品牌

在人才培养类型上,要注重打造特色人才培养品牌,巴黎综合理工学院打造的工程师品牌使该校享誉世界。目前而言,各高校创建“双一流”的过程中存在着异常激烈的竞争,而品牌是市场竞争的产物,也是高校不可低估的无形资产,人才培养品牌的辐射能力十分强劲,对于提高高校社会知名度、认可度和办学声誉等方面具有不可低估的价值。国内高校要树立品牌发展意识,增强自身竞争力,努力提升原有人人才培养品牌价值,并加快人才培养品牌创新,打造人才培养品牌集群,通过人才培养品牌显现出旺盛的生命力,在竞争中占得先机并获得优势地位。

(三) 重视学科建设水平

巴黎综合理工学院的成功还得益于其数理学科、工程学科和人文学科的集群优势,具体体现在课程设置方面不仅对学生的数理基础要求严格,还在培养项目中强化对学生工程应用能力的培养,同时注重学生在人文与社科方面的塑造。人才培养离不开学科建设这个基础,而其中课程建设是人才培养的核心要素,学生从大学里受益最直接、最深刻、最显效的是课程。国内高校在课程设置方面,要重视建设“核心”专业课、“基础”公共课、以及“特色”前沿课的课程体系,全面推进学生的综合素质培养;在师资队伍建设方面,要大力推动高层次专家学者和研究一线的青年教师共同走上讲台,既注重培养学生广阔的学术视野也注重第一手鲜活经验。简而言之,课程体系水平上一个台阶,学科建设就能上一个水平,人才

培养自然上一个层次。

(四) 构建合力育人机制

产学研互动是巴黎综合理工学院培养优秀人才的关键一步。巴黎综合理工学院充分发挥其人才培养优势与相关产业紧密结合,在互动中建立良性的合力育人机制。国内高校应注重与地区经济和产业结构接轨,形成基于优势学科的交叉学科集群,发挥和强化学校的优势和特色,保持学校发展张力的同时助力区域重大工程、重大计划的实施,形成相互促进、共同发展的比较优势与核心竞争力,发挥各类资源的集聚效应和放大效应。此外,国内高校应积极推进同世界一流大学、高水平研究机构和国际顶尖实验室的合作交流,深入开展联合办学、国际生互换以及访问学者的交流力度。加大对复合型专业人才的培养力度,一方面引进高端人才、优质生源来我国高校交流学习,另一方面选派优秀学生 and 教师在国际组织和学术机构兼职,提升国际影响力和国际声誉。

四、结语

总的来说,我国的国情和高等教育制度和法国有很大不同,不能完全照搬巴黎综合理工学院的的做法。但是,可以结合我国高等院校的实际情况,选择性的借鉴和吸收巴黎综合理工学院在建设过程中的成功经验,提升我国高等教育的发展。巴黎综合理工学院在办学和人才培养方面的成功经验告诉我们,只要树立特色发展信心,打造人才培养品牌,重视学科建设水平,构建合力育人机制,就能够不断提升高校的人才培养水平,适应社会的发展与变革,在满足社会对人才需求的同时提高学校的地位与声誉。

参考文献:

- [1] 孟雅君,郭晔丹,常永才。“一个国家,两轨高教”之迷——法国大学校社会地位的历史文化分析[J].民族教育研究,2008(1):60.
- [2] 张倩.三名科学家分享2018年诺贝尔物理学奖[EB/OL].(2018-10-03)[2019-03-10].http://world.gmw.cn/2018-10/03/content_31507241.htm.
- [3] École Polytechnique. 1794—1804: Revolution and Napoleonic Period[EB/OL]. [2019-03-10]. <http://www.polytechnique.edu/en/revolutionnapeleonicperiod>.
- [4] Convention Nationale. Programmes de l'enseignement polytechnique de l'École centrale des travaux publics

- [M]. Langins J. La République avait besoin de savants. Paris: Belin, 1987: 199-226.
- [5] École Polytechnique. Personal Development Internship [EB/OL]. [2019-03-10]. <http://www.polytechnique.edu/en/personal-development-internship>.
- [6] École Polytechnique. Sports [EB/OL]. [2019-03-10]. <http://www.polytechnique.edu/en/sports>.
- [7] 苏禾. 巴黎综合理工学院: 培养顶尖工程师的非典型军校[J]. 看世界, 2017(10): 78-79.
- [8] QS World University Rankings. Graduate Employability Rankings 2019 [EB/OL]. [2019-03-22]. <https://www.topuniversities.com/university-rankings/employability-rankings/2019>.
- [9] École Polytechnique. Study at École Polytechnique [EB/OL]. [2019-03-10]. <https://www.polytechnique.edu/en/study-at-ecole-polytechnique>.
- [10] École Polytechnique. Ingénieur Polytechnicien Program [EB/OL]. [2019-03-10]. <https://www.polytechnique.edu/en/ingenieur-polytechnicien-program>.
- [11] École Polytechnique. Study at École Polytechnique [EB/OL]. [2019-03-10]. <https://www.polytechnique.edu/en/study-at-ecole-polytechnique>.
- [12] École Polytechnique. State-of-the-Art Laboratories [EB/OL]. [2019-03-10]. <http://www.polytechnique.edu/en/state-of-the-art-laboratories>.
- [13] École Polytechnique. Doctoral Programs [EB/OL]. [2019-03-19]. <https://www.polytechnique.edu/en/doctoral-programs>.
- [14] École Polytechnique. Academic and Research Departments of École Polytechnique [EB/OL]. [2019-03-10]. <https://www.polytechnique.edu/en/departments>.
- [15] QS World University Rankings. Ecole Polytechnique [EB/OL]. [2019-03-22] <https://www.topuniversities.com/universities/ecole-polytechnique#wurs>.
- [16] École Polytechnique. Year 2 of the Ingénieur Polytechnicien Program [EB/OL]. [2019-03-19]. <http://www.polytechnique.edu/en/ingenieur-polytechnicien-year-2>.
- [17] École Polytechnique. Year 3 of the Ingénieur Polytechnicien Program [EB/OL]. [2019-03-19]. <http://www.polytechnique.edu/en/year-3-of-the-ingenieur-polytechnicien-program>.
- [18] École Polytechnique. Program Overview [EB/OL]. [2019-03-10]. <https://portail.polytechnique.edu/bachelor/en/program-overview/program-overview>.
- [19] École Polytechnique. Ingénieur Polytechnicien Program [EB/OL]. [2019-03-10]. <https://www.polytechnique.edu/en/ingenieur-polytechnicien-program>.

- [20] École Polytechnique. Ingénieur Polytechnicien Program [EB/OL]. [2019-03-10]. <https://www.polytechnique.edu/en/ingenieur-polytechnicien-program>.
- [21] École Polytechnique. Doctoral Programs [EB/OL]. [2019-03-19]. <https://www.polytechnique.edu/en/doctoral-programs>
- [22] École Polytechnique. List of Master's Programs [EB/OL]. [2019-03-10]. <https://www.polytechnique.edu/en/list-of-masters-programs>.
- [23] École Polytechnique. Various Types of Research Collaborations [EB/OL]. [2019-03-22]. <https://www.polytechnique.edu/en/various-types-research-collaborations>.
- [24] QS World University Rankings. Ecole Polytechnique [EB/OL]. [2019-03-22]. <https://www.topuniversities.com/universities/ecole-polytechnique>.

(责任编辑:王新峰)

(上接第52页)

- [2] 陈卫卫,李清,李志刚,等.基于概念图和BOPPPS模型的教学研究与实践[J].计算机教育,2015(6):61-65.
- [3] 王若涵,张志翔. BOPPPS式教学在“植物生殖生态学”课程中的探索与实践[J].中国林业教育,2011(6):55-57.
- [4] 罗宇,付绍静,李曦.从BOPPPS教学模型看课堂教学改革[J].计算机教育,2015(6):16-18.
- [5] 陈卫卫,鲍爱华,李清,等.基于BOPPPS模型和问题驱动教学法培养计算思维的教学设计[J].工业和信息化教育,2014(6):8-11.
- [6] 曹丹平,印兴耀.加拿大BOPPPS教学模式及其对高等教育改革的启示[J].实验室研究与探索,2016(2):196-200.
- [7] 何昱,来平凡. BOPPPS模式在《天然药物化学》课程教学中的应用[J].教育教学论坛,2015(45):189-190.
- [8] 袁恩,刘鹏,齐望东,等.基于BOPPPS模式的计算机网络原理教学改革[J].计算机教育,2015(6):26-29.
- [9] 徐达文.基于BOPPPS模型的《信息安全数学基础》课堂教学设计[J].科技创新导报,2018(22):175-177.
- [10] 赵锋,齐晓丹. BOPPPS教学模式在“药剂学实验”中的应用[J].实验技术与管理,2018(12):184-186.
- [11] 穆华,李春. BOPPPS模型及其在研究型教学中的应用探究[J].陕西教育:高教,2015(10):27-30.
- [12] 吴昌东,江桦,陈永强. BOPPPS教学法在MOOC教学设计中的研究与应用[J].实验技术与管理,2019(2):218-222.
- [13] Chen C. CiteSpace II: Detecting and visualizing emerging trends and transient patterns in scientific literature [J]. Journal of the American Society for Information Science and Technology, 2006(3):359-377.
- [14] 李杰,陈超美. CiteSpace: 科技文本挖掘及可视化 [M].北京:首都经济贸易大学出版社,2016:1-2.
- [15] 王月. 翻转课堂的研究热点与发展趋势——基于CNKI相关数据的分析[J].软件导刊:教育技术,2018(10):74-77.
- [16] 王月. 翻转课堂的研究热点与发展趋势——基于CNKI相关数据的分析[J].软件导刊:教育技术,2018(10):74-77.
- [17] 张建勋,朱琳.基于BOPPPS模型的有效课堂教学设计[J].职业技术教育,2016(11):25-28.
- [18] 吴岩.建设中国“金课”[J].中国大学教学,2018(12):4-9.
- [19] 忻叶.从“水课”到“金课”[J].江苏教育,2019(4):6.

(责任编辑:王新峰)