

创新生态系统下美国高等教育政策的走势*

袁传明

摘要: 创新生态系统是国家创新系统发展的高级阶段, 高等教育机构在其中扮演的角色更加复杂。近年来, 美国联邦政府通过一系列的法案和报告来维持这一系统的良好运转, 而这些法案和报告也大致呈现了21世纪以来美国高等教育政策的基本走势。例如, 继续夯实基础研究, 致力于国家优先发展战略; 深化大学与政府、产业界的联系, 发展区域创新生态系统; 加强STEM教育改革, 创造高质量的就业机会; 发动一场教育技术革命, 增加教育软件的投入。

关键词: 国家创新系统; 创新生态系统; 高等教育政策; 研究型大学

20世纪末21世纪初, 美国国家创新系统(National Innovation System)进一步深化、演进为一个极具活力的创新生态系统。1994年, 克林顿政府在《科学与国家利益》(Science and National Interest)中指出, 美国“今天的科学和技术事业更像一个生态系统, 而不是一条生产线”^[1]。2004年1月和6月, 美国总统科技顾问委员会(PCAST)先后发布了《维护国家的创新生态系统: 信息技术制造和竞争力的报告》(Sustaining the Nation's Innovation Ecosystems: Report on Information Technology Manufacturing and Competitiveness)和《维护国家的创新生态系统: 保持美国科学和工程能力之实力的报告》(Sustaining the Nation's Innovation Ecosystems: Report on Maintaining the Strength of Our Science & Engineering Capabilities), 正式提出了创新生态系统的本质——追求卓越, 及其构成要素——发明家、技术专家、企业家; 一支积极性高涨的劳动力队伍; 世界级的研究型大学; 高生产力的研发中心(包括产业的和联邦资助的); 灵活的风险资本产业; 在极具潜力的领域由政府投资的基础研究项目。^[2]创新生态系统强调内部各要素之间的相互协调与共生, 它以一种复杂的、协同的方式发挥效用, 而作为连接政府和产业界的重要环节——高等教育机构(尤其是研究型

大学)在其中所扮演的角色和所起的作用都极为重要。美国联邦政府深刻认识到了这一点, 并在一系列的法案和报告中突出了高等教育对创新生态系统的良好运转、乃至美国在全球经济中处于领先地位的重要性。

一、创新生态系统中的美国高等教育

西方学者借用生态学的理论来解释创新系统中各要素相互依存、共生共融的关系, 将创新的“政府—大学—企业”三螺旋结构扩充为“政府—大学—企业—社会公众、自然环境……”四螺旋甚至是五螺旋结构, 即第三代创新范式。美国是较早步入创新3.0时代的国家, 其高效运转的创新生态系统与创新2.0时代的优势不无关系, 但与国家创新系统相比, 创新生态系统中各要素的关系、角色、地位与作用都更为复杂。以高等教育为例, 国家创新系统中美国高等教育扮演着知识的生产者与传播者的角色, 承担着人才培养的重任; 除了生产者和传播者之外, 创新生态系统中美国高等教育还扮演着知识的转化与产品的制造者、消费者等角色, 参与知识在企业中的转化与制造过程。高等教育是创新生态系统中最具能动性的一个“种群”, 它可以创造新知识, 推动国家创新经济的发展; 它可以创造

收稿日期: 2018-08-22

作者简介: 袁传明, 扬州大学教育科学学院讲师, 教育学博士、硕士研究生导师。(江苏扬州/225002)

* 本文系江苏省教育厅高校哲学社会科学研究项目“创新生态系统下美国高等教育政策研究”(2017SJB1145)的研究成果。

关系链,构建新的区域创新生态系统;它可以培养与培训高技术的研发人才和应用人才,参与研究、开发和应用。美国创新生态系统除了拥有研究、开发和应用三大群落之外,还有极为重要的社会公众和自然环境,社会公众是知识的主要消费者与反馈者,后者则提供了融洽的创新氛围。美国高等教育是社会公众的一部分,可以创造新文化和企业家精神,丰富创新环境,从而激发创新生态系统的活力。

在创新生态系统中,政府的角色也更为重要。有学者指出,美国联邦“政府对创新生态系统的演化至关重要,在相当程度上决定着系统的进化或退化;政府创新治理在推动制度创新、保持技术创新活力尤为重要。”^[3]为了打造世界一流的创新生态系统,美国联邦政府不仅仅要扮演政策制定者的角色,制定国家战略需求的项目供高等教育机构申请;它还要构建世界一流的基础设施,为营造和创设良好的创新生态环境提供合适的制度保障,并且在创新生态系统中要与其他各要素密切配合、相互协调,突显自身的灵活、机动、敏捷、战略性、前瞻性等特点。

二、创新生态系统下美国高等教育改革与发展的趋势

(一) 继续夯实基础研究,致力于国家优先发展战略

自“二战”以来,雄厚的基础研究就一直是美国创新系统的重要特点。1945年,万尼瓦尔·布什给罗斯福总统递交一份《科学——没有止境的前

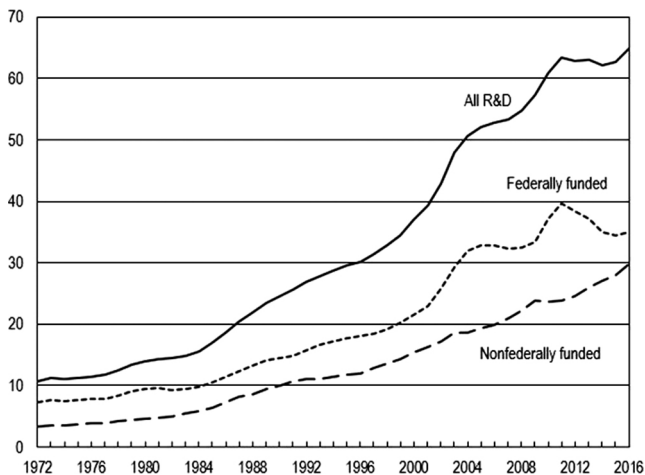


图1 1972-2016年高等教育研发开支

资料来源: <https://www.nsf.gov/statistics/2018/nsf18303/nsf18303.pdf>。

沿》(Science: The Endless Frontier)的报告,第一次明确提出基础研究对国家科技创新和经济发展的的重要性,认为“公立和私立资助的学院、大学和接受捐赠的研究所必须既提供新科学知识又提供训练有素的研究工作者。这些学术机构的传统和特殊性使得它们最适合于进行基础研究”^[4],并且呼吁通过联邦政府的资金来加强这些学术机构的基础研究。时至今日,美国联邦政府对高等教育研发的资助从未出现大幅的连续削弱现象,而是大致呈增长的趋势,且21世纪以来的涨幅最为明显,偶尔有波动。(如图1所示)

越发雄厚的基础研究可以保障源源不断的知识创新,这是美国长期立于世界领导地位的重要原因之一。在2004年的两份《维护国家的创新生态系统》报告中,布什政府都指出,强大的基础研究是维护国家创新生态系统的重要因素之一,并且继续加强对高等教育中科学、技术、工程和数学(STEM)领域的基础性研究资助,鼓励学生选择STEM类职业,设法留住外籍人才。2006年的《领导力的检验:美国高等教育未来指向》(A Test of Leadership: Charting the Future of U. S. Higher Education, 2006)聚焦美国高等教育的入学、可负担性、质量和问责这四个方面的主题,同时提出“美国必须确保其大学有能力在诸如科学、工程、医学和其他知识密集型专业之类的关键战略领域实现全球领导地位”^[5],并建议联邦政府增加对提升全球竞争力至关重要的国家战略领域的投入,以进一步巩固美国在国际创新中的领导地位。

在国内外不同环境的影响下,美国联邦政府优先发展的国家战略领域有所不同。受“9·11”、“非典”等事件的影响,2004年美国执行办公室发布的《为了21世纪的科学》(Science for the 21st Century)将本土和国家安全、健康、能源、环境等作为国家优先发展战略。^[6]2009年的《美国创新战略》(A Strategy for American Innovation, 2009)把新能源、车辆技术、医疗卫生技术等作为国家优先发展战略;^[7]2011年的《美国创新战略》(A Strategy for American Innovation, 2011)把新能源、生物技术、纳米技术、先进制造业、太空技术、医疗卫生技术、教育技术等作为国家战略;^[8]2015年的《美国创新战略》(A Strategy for American Innovation, 2015)把精准医疗、新的神经技术、医疗卫生创新、车辆技术、新能源、教育技术、太空技术、

全球极端贫困等作为国家优先发展战略。^[9]作为国之重器的美国研究型大学，一方面要培养高素质的劳动力，为国家创新生态系统输入优质的人力资源；另一方面要加大基础研究的力度，保证知识创新的可持续性，致力于国家优先发展战略，以满足国际竞争之需。根据国家科学和工程统计中心（NCSES）和国家科学基金（NSF）对高等教育研发的最新调查，美国高等教育研发主要集中在三大领域：卫生科学、生物及生物医学科学、工程学，2016年约占总数的65.2%；此外，还有计算机与信息科学、地球科学、大气与海洋科学、农业科学、天文学、物理学、化学等。^[10]

（二）深化大学与政府、产业界的联系，发展区域创新生态系统

与其他国家相比，美国拥有创新生态系统中所有核心要素的优势，例如拥有世界一流的研究型大学、企业家冒险文化、知识密集型和技术密集型产业高度集中、高科技产业等。但是，美国创新生态系统也面临着巨大挑战，例如经过几十年的离岸外包之后美国需要重建先进制造业的共享资源，且要将所有美国人和所有地区都纳入到创新的过程也面临着巨大的挑战。因此，美国联邦政府力促先进制造业的复苏，鼓励所有美国人参与到创新过程中，支持发展区域创新生态系统。

为了扭转21世纪初制造业衰落的颓势，美国联邦政府提出重建产业共享（Industrial Commons）^①的计划，进一步深化大学与政府、产业界的联系，把发展区域创新生态系统作为国家的重要战略之一。2015年的《美国创新战略》指出“国家的创新能力与一个强大的先进制造业密切相连，因为在跨公司生产过程中的创新外溢对哺育下一代产品与工艺至关重要。为了全面恢复不同行业的未来创新能力，包括来自制造过程中需要独特知识的生物技术、制药、高级材料和清洁能源，美国需要重建它的产业共享。”^[11]产业共享由大学、大公司、工业联盟、供应商、制造商和技术研究中心提供的，它是“支撑相关产业群体共同发展并为利益相关者共同分享的体系”^[12]，其“自我更新必须通过连续的投资才能维持技术前沿的知识库和基础设施建设”^[13]。2012年的《先进制造业的国家战略计划》（A National Strategic Plan for Advanced Manufacturing）把构建产业共享作为国家的重要战略之一，鼓励区域私立部门、政府与产业合作者增加先进制造业的投入，扩

大教育系统对先进制造业所亟需的技能型人才的培养，支持区域创新集群的发展。

“产业共享是一个十分精巧的系统”^[14]，类似于一个创新生态系统，其中任何一成员的缺失或受损都可能导致其他成员的生存能力下降，甚至摧毁整个系统。创新系统可以分为四个层次：国家创新系统、区域创新系统、部门创新系统和技术创新系统。^[15]创新生态系统由于其推动区域发展的潜能而受到越来越多的重视。2015年的《美国创新战略》明确指出要支持区域创新生态系统的发展，认为区域创新生态系统可以维持经济的增长、创造就业机会，在支持不同地区努力区域创新生态系统的过程中，联邦政府扮演关键角色。^[16]美国联邦政府重视对区域创新生态系统的构建，因为在推动区域发展方面创新生态系统更能体现其成效，且高等教育机构也能在其中做出显著的、实质性的贡献。2008年布什总统的科技顾问委员会发布了《创新生态系统中大学与私立部门的研究合作关系》（University - Private Sector Research Partnerships in the Innovation Ecosystem），该报告认为创新生态系统中各个要素之间的合作关系异常复杂，不存在一个能加强各要素之间衔接的“万全之策”。因此建议在大学、政府与私立部门的原有框架的基础上深化研究合作关系，降低各要素之间相互沟通的障碍，鼓励研究者在学术机构、产业部门和政府之间游走，从而加强高等教育机构与私立部门的研究合作。^[17]美国创新生态系统是由世界一流研究型大学网络推动的，这是它的一个显著特征，但在区域创新生态系统中，除了研究型大学之外，两年制的社区学院也扮演越发重要的角色，因为它可以为先进制造业提供高技能的劳动力。由国家科学院（National Academies）成立的特殊委员会在2013年的《州和区域创新计划中的最佳实践：21世纪的竞争》（Best Practices in States and Regional Innovation Initiatives: Competing in the 21st Century）报告中指出，“美国大学系统的分散化，使其适合于不同州和区域创新战略，利用地方地理、工业遗产和文化优势。美国社区学院是一个重要的资源库，它可以通过创造高技能的劳动力来维持以创新为基础的经济。”^[18]

（三）加强STEM教育改革，创造高质量的就业机会

创新生态系统的核心动力之一是国家的科学、技术、工程和数学（Science, Technology, Engineer-

ing and Mathematics, STEM) 能力。美国的 STEM 教育在提升国民素质、拉动就业及收入分配均衡化、促进民族平等与性别平等、增强国家经济实力、驱动创新等方面均具有显著作用。在 2004 年的两份《维护国家的创新生态系统》报告中,美国联邦政府都呼吁加强 STEM 教育改革,鼓励大学生选择 STEM 专业并且从事 STEM 领域的工作。布什总统在 2006 年的《美国竞争力计划: 在创新中领导世界》(American Competitiveness Initiative: Leading the World in Innovation, 2006) 中声称要在人才和创新中领导世界,他认为美国之所以在企业精神和创新方面占据世界领导地位,主要因为它拥有一支强大的科学、技术、工程和数学人才队伍。为了“保证拥有一批训练有素的数学家、科学家、工程师、技师和具备科学知识的劳动力大军,以及懂科学、懂技术、会计算、有文化的美国公民”^[19],联邦政府耗费巨资来加强国家教育体系的改革,着重提升 K-12 年级的数学、科学和技术教育的质量,“支持一些联邦政府项目,以增加大学入学机会,并招收和保持本科及研究生层次的科学、技术、工程和数学专业领域的学生”^[20],并且增加总统数学和科学奖学金基金,以激励大学和学院的学生在数学和科学方面取得成就。2007 年,美国研究生院委员会发布的《研究生教育: 美国竞争力与创新力的支柱》(Graduate Education: The Backbone of American Competitiveness and Innovation) 报告,明确指出联邦政府将为 STEM 领域和社会科学领域的硕士、博士研究生教育增加资助额度,将培养学生的创造力与危机处理能力视为国家创新战略的主要部分。^[21]2008 年《高等教育机会法案》(Higher Education Opportunity Act) 第 315 条还规定,鼓励西班牙裔美国人、非裔美国人、土著美国人、残疾学生和女性进入 STEM 领域学习,并且从事相关工作。^[22]奥巴马入主白宫后,继续推进 STEM 教育改革,增加高等教育经费投入,促使 STEM 从业人数的稳步增长。《2009 年美国复兴与再投资法案》(The American Recovery and Reinvestment Act of 2009) 提出机会税收减免政策,将家庭减免的税收用作大学学费及其相关支出,且将该政策的实施范围由原先的本科教育前两年延伸至四年。2012 年商业部发布的《美国竞争力与创新力》(The Competitiveness and Innovative Capacity of the United States, 2012) 报告指出,由于受昂贵的大学教育成本、贫乏的学术准备、人

口因素等因素的影响,美国的 STEM 教育陷入了困境。因此,联邦政府将加大大学教育经费的投入,鼓励州政府在 K-12 阶段进行 STEM 教育改革,并且出台专项计划以解决 STEM 本身存在的问题。

由金融危机导致的高失业率是奥巴马政府上台后首先要解决的问题之一。《2009 年美国复兴与再投资法案》是奥巴马应对美国经济危机和高失业率的第一个重要法案,他在基础设施建设、教育、健康和能源、减税、扩大失业保险范围等多方面做出了重要改革,将大量的资金用于刺激美国的经济复苏和缓解就业压力。2009 年的《美国创新战略》指出,自就任以来,奥巴马总统就为夯实美国未来创新经济的基础迈出了历史性的步伐。^[23]无论是对创新基本要素的投资,如加大基础研究、改革 STEM 教育、培养世界一流的劳动力、建设世界一流的基础设施等;还是推动以市场为基础的创新改革和优先发展国家战略领域,美国联邦政府努力打造世界一流创新生态系统的最终目的都是为了促进经济的可持续增长和创造高质量的就业机会。这在 2009 年、2011 年和 2015 年的《美国创新战略》中体现得尤为明显。2012 年,总统科学技术顾问委员会执行办公室在呈交给奥巴马的《致力于卓越》(Engage to Excel: Producing One Million Additional College Graduates with Degrees in Science, Technology, Engineering, and Mathematics) 报告中指出,二战后研发企业的快速扩张——是由高等教育的增长及相应的 STEM 专业大学毕业生人数的增多实现的——带来了经济的迅速增长、好的工作以及新技术推动新工业的繁荣。^[24]2014 年《劳动力创新与机会法案》(Workforce Innovation and Opportunity Act, 2014) 的第 414 条规定,鼓励和支持有资格的人接受高等教育机构的 STEM 专业以及医疗、法律和商业的高级培训,高等教育机构可授予 STEM (包括计算机科学) 领域的硕士学位、法学博士学位、工商管理硕士学位、医学博士学位。^[25]当前,越来越多的新兴行业需要 STEM 领域的知识。因此,加强 STEM 教育改革,可以创造更多的高质量的就就业机会。

(四) 发动一场教育技术革命,增加教育软件的投入

信息技术制造业是美国创新生态系统的重要支柱之一。^[26]信息技术制造业对创新生态系统中其他各要素的影响都是极为深刻的,尤其是对教育变革的影响。自上个世纪 90 年代克林顿政府以来,美国的历届政府都始终不渝地坚持着“要用信息技术促

进教育改革与发展”的战略方针，分别在1996年、2000年、2004年、2010年、2016年颁布了五个《国家教育技术规划》(National Education Technology Plan)，而且在奥巴马政府末期还颁布了《重塑技术在教育中的角色——2017年新版国家教育技术规划》、《重塑技术在高等教育中的角色——国家教育技术规划的补充》等重要文献。越来越多的研究以及事实表明，先进的信息技术可以改进学生的学习效果，与个性化的学习经验相比，它还可以减少学生获取新知识和技能所需的时间，加快最有效的学习方式的扩散。此外，信息技术的运用还能有效地促进教育公平。美国教育部长约翰·金(John King)指出，技术对教育的最重要的贡献之一是它能促进学生受教育机会均等。^[27]随着宽带、云计算、数字设备和软件的广泛传播，许多学校都接入了宽带，信息技术的日新月异加深了美国联邦政府对教育技术领域变革的重视，进而连续通过多个报告来推动这场即将到来的教育技术革命。

2011年的《美国创新战略》把教育技术作为国家优先发展的战略之一，联邦政府鼓励旨在提升学生学业表现的技术创新，例如开发像家庭教师一样高效的学习软件，并且增加美国人终身学习和培训的渠道。^[28]2015年的《美国创新战略》则声称要发动一场教育技术革命，为此，联邦政府将对下一代教育软件的研发进行重要投资，创造更多的“需求拉动”机制，以帮助学校获得更好的学习软件，最终提升学生在关键学术领域的学习效果。^[29]2017年的《重塑技术在高等教育中的角色——国家教育技术规划的补充》从学习、教学、评估等多个方面阐述了信息技术对高等教育的影响，认为技术可以提升高等教育的教学实践，并且建议打造强有力的基础设施以确保学生获取成功，鼓励运用技术来追求卓越的学习、教学和评估。该报告还指出，高等教育机构的领导者应实施以技术为基础的改革实践，优化所有学生的成功，营造一种推动合作、创新和变革的文化。当前，越来越多的学院和大学正在利用技术来增强自身的灵活性、降低成本、检验学生学习效果，技术已经使更广泛的学生群体获得个性化的学习经验。技术的变革仍在持续，但它关注的焦点不会变，例如公平、可获得性、可承担性、学业与成绩、生态系统等。可以预见的是，未来的高等教育必将是一个以学生为中心的、以技术驱动的高等教育生态系统。

三、结语

高等教育是美国创新生态系统中不可或缺的一部分，它参与知识的生产、转化、制造、消费、反馈等全过程，在创造新知识的同时也能培育世界一流的企业家精神和创新文化，其能动的特点促使它与创新生态系统中的其他各要素相互合作、密切联系，形成纷繁复杂的创新网络。为了适应当前竞争日趋激烈的国际环境以及巩固和提升国家的创新力、竞争力和领导力，美国联邦政府赋予了高等教育(尤其是研究型大学)重要的战略角色，通过发挥高等教育基础研究的优势来促进国家优先战略领域的发展，将高等教育视为振兴制造业的重要利器，鼓励高等教育培养高素质的科学、技术、工程、数学等方面的人才。由于美国高等教育具有较高的学术自治权，而且大多数顶尖级的研究型大学都是私立机构，联邦政府对其并没有实际的控制权，无法直接参与高等教育的具体改革之中，所以它一方面通过相关的法案、报告等进行政策上的导向；另一方面通过项目申请的方式来吸引高水平的研究型大学积极参与到创新生态系统的运作。需要指明的是，为美国大学提供研究项目的联邦机构既有国家科学基金会(NSF)、国家航空航天局(NASA)这样的独立行政机构，也有国防部(DOD)、能源部(DOE)、农业部(USDA)、卫生与公共服务部(HHS)等这样的内阁部门，它们是美国高等教育政策的重要制定者之一，在一定程度上引领着美国高等教育改革与发展的方向。

注释：

①有学者将 industrial commons 译为“产业公地”(详见加里·皮萨诺，威利·史·制造繁荣：美国为什么需要制造业复兴[M]。机械工业信息研究院战略与规划研究所，译。北京：机械工业出版社，2014)，但钱平凡在《产业共享：塑造产业集群竞争优势的新利器》一文中，从词源学角度将其译为“产业共享”，笔者甚为认同，故采用此译名。

参考文献：

[1] [美]威廉·J·克林顿，小阿伯特·戈尔. 科学与国家利益[M]. 曾国屏，王蒲生，译. 北京：科学技术文献出版社，1999：17.

[2] 总统科学和技术顾问委员会. 维护国家的创

新生态系统: 保持美国科学和工程能力之实力的报告 [R]. 赵中建. 创新引领世界——美国创新和竞争力战略 [Z]. 上海: 华东师范大学出版社 2007: 107.

[3] 李万, 常静, 王敏杰等. 创新 3.0 与创新生态系统 [J]. 科学学研究 2014(12): 1761 - 1770.

[4] V· 布什等. 科学——没有无止境的前沿 [R]. 范岱年, 谢道华, 等译. 北京: 商务印书馆 2004: 64.

[5] 美国教育部. 领导力的检验: 美国高等教育未来指向 [R]. 赵中建. 创新引领世界——美国创新和竞争力战略 [Z]. 上海: 华东师范大学出版社, 2007: 315.

[6] 美国执行总统办公室. 为了 21 世纪的科学 [R]. 赵中建. 创新引领世界——美国创新和竞争力战略 [Z]. 上海: 华东师范大学出版社 2007: 176 - 180.

[7] [26] Executive Office of the President, National Economic Council and Office of Science and Technology Policy. A Strategy for American Innovation: Driving Towards Sustainable Growth and Quality Jobs [R]. Washington: The White House 2009.

[8] [28] National Economic Council, Council of Economic Advisers and Office of Science and Technology Policy. A Strategy for American Innovation: Securing Our Economic Growth and Prosperity [R]. Washington: The White House 2011.

[9] [11] [16] [29] National Economic Council and Office of Science and Technology Policy. A Strategy for American Innovation [R]. Washington: The White House 2015.

[10] Ronda Britt. Universities Report Increased Federal R&D Funding after 4 - year Decline; R&D Fields Revised for FY 2016 [EB/OL]. [2017 - 11 - 30]. <https://www.nsf.gov/statistics/2018/nsf18303/nsf18303.pdf>.

[12] 钱平凡. 产业共享: 塑造产业群体竞争优势的新利器 [J]. 发展研究 2016(2): 52 - 56.

[13] Executive Office of the President and National Science and Technology Council. A National Strategic Plan for Advanced Manufacturing [R]. Washington: The White House 2012: 9.

[14] [美] 加里·皮萨诺, 威利·史. 制造繁荣: 美国为什么需要制造业复兴 [M]. 机械工业信息研究院战略与规划研究所, 译. 北京: 机械工业出版社, 2014: 91.

[15] Bo Carlsson, Staffan Jacobsson, Magnus Holmen and Annika Rickne. Innovation Systems: Analytical and Methodological Issue [J]. Research Policy, 2002, (31): 233 - 245.

[17] President's Council of Advisors on Science and Technology. University - Private Sector Research Partnerships in the Innovation Ecosystem [R]. Washington: The White House 2008: 4 - 5.

[18] Charles W. Wessner. Best Practices in States and Regional Innovation Initiatives: Competing in the 21st Century [R]. Washington, D. C.: The National Academies Press 2013: 68.

[19] [20] 科学与技术政策办公室. 美国竞争力计划: 在创新中领导世界 [R]. 赵中建. 创新引领世界——美国创新和竞争力战略 [Z]. 上海: 华东师范大学出版社 2007: 19 - 27.

[21] 廖晓玲, 陈十一. 《研究生教育: 美国竞争力与创新力的支柱》解读 [J]. 研究生教育研究, 2013(4): 61 - 66.

[22] The Senate and House of Representatives of the United States of America. Higher Education Opportunity Act 2008 [EB/OL]. [2008 - 08 - 14]. <https://www.congress.gov/110/plaws/publ315/PLAW-110publ315.pdf>.

[24] Engage to Excel: Producing One Million Additional College Graduates with Degrees in Science, Technology, Engineering, and Mathematics [EB/OL]. [2012 - 02 - 30]. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED541511.pdf>.

[25] The Senate and House of Representatives of the United States of America. Workforce Innovation and Opportunity Act 2014 [EB/OL]. [2014 - 01 - 22]. <https://www.congress.gov/113/plaws/publ128/PLAW-113publ128.pdf>.

[26] 总统科学和技术顾问委员会. 维护国家的创新生态系统: 信息技术制造和竞争力的报告 [R]. 赵中建. 创新引领世界——美国创新和竞争力战略 [Z]. 上海: 华东师范大学出版社 2007: 77 - 106.

[27] Office of Education Technology, U. S. Department of Education. Reimagining the Role of Technology in Education: 2017 National Education Technology Plan Update [EB/OL]. [2017 - 01 - 31]. <https://tech.ed.gov/files/2017/01/NETP17.pdf>.

(责任编辑 赖佳)