

美国科学课程改革百年回眸

靳玉乐,肖磊

(西南大学 教育学部,重庆市 400715)

摘要:探讨美国科学课程改革的百余历程,了解其各阶段改革的特点与问题,对于我们深入认识制约科学课程改革的内外部因素有着重要的意义。百年美国科学课程改革经历了现代科学教育形成期、精英科学教育发展期和大众科学素养拓展期。国家层面的危机意识和新旧科学教育价值观的冲突是推动美国科学课程改革的主要因素。

关键词:科学课程;科学教育;课程改革;美国;危机意识;科学精英

中图分类号:G642.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1673-9841(2013)06-0060-07

“为了解决社会科学问题……为了用科学的眼光观察这个问题,最可靠、最必需、最重要的就是不要忘记基本的历史联系,要看某种现象在历史上怎样产生,在发展中经历哪些主要阶段,并根据它们这种发展去考察它现在是怎样的。”^[1]探讨美国科学课程改革的百余历程,了解各阶段改革的特点与问题,对于我们深入认识制约科学课程改革的内外部因素,进而顺利推进科学课程改革有着重要的意义。对相关文献进行分析,依据科学教育培养目标的差异,我们可将美国的科学课程发展大致分为三个阶段。第一个阶段是现代科学教育形成期:探讨20世纪50年代之前美国现代科学教育的形成脉络,这一时期相对而言没有明显的培养目标^[2];第二个阶段是精英科学教育发展期:探讨20世纪50年代中期至80年代中期的科学课程改革,这一时期的目标是培养科学精英以应对国际军事、政治以及经济竞争;第三个阶段是大众科学素养拓展期:探讨20世纪80年代后期至21世纪初期科学教育发展概况,这一时期的目标是培养有科学素养的公民以应对科技大众化、经济全球化的挑战。

一、现代科学教育形成期

美国现代科学教育的根源可以追溯至19世纪的欧洲工业社会的发展,尤其是德国和英国。德国和瑞士推广了浪漫的和进步的思想——这一课程和教学是心理取向的、考虑学生需要和兴趣的;英国提供的一种既高效又浪漫的教育模式也影响了美国的教育。^{[3]75}当时欧洲学校教育系统开始传授科学课程,其目的在于批评当时着重于心智训练的古典人文课程远离儿童与社会的发展,充其量是装饰性的。其代表人物是英国教育家斯宾塞,这从其著名的口号可见一斑,即“什么知识最有价值?一致的答案就是科学。”^[4]这在一定程度上对美国的教育产生了影响。20世纪之前,美国中小学课程改革的基本趋势是增设基础学科,如阅读、文法与算术等科目,教学方法也仅限于死记硬背,

* 收稿日期:2013-02-12

作者简介:靳玉乐,西南大学教育学部,教授,博士生导师。

基金项目:重庆市“两江学者计划”特聘教授项目,项目负责人:靳玉乐;中央高校基本科研业务费专项资金项目“科学史融入教学对小学生科学本质观的影响研究”(SWU1309308),项目负责人:肖磊。

科学课程在学校教育中毫无地位可言。直至1862年《赠地学院法案》(Land Grant College Act)颁布实施,美国走上了工业化道路,开始设置与科学相关的课程,并建立了高等学校教育系,教授农业、机械以及军事等科目。此后数年间,由美国政府提供经费支持相关课程的开设。^{[5]215-217}

(一)十人委员会与美国科学课程的形成(1893—1930)

1893年美国教育协会(National Education Association)十人委员会成立^①,宗旨在于为美国所有中学的课程设置提供建议,其会议报告对推进科学课程成为学校的基本课程之一具有深远的影响。正如泰勒所说,“直到1893年十人委员会报告的发表,人们才开始普遍地将科学接受为中学的正当科目。”^[6]十人委员会建议开设四种课程:古典学科、英语、拉丁语和自然科学、现代语,每种课程都分别由相同的科目所组成,即拉丁语、希腊语、英语、现代语、数学、物理、化学与天文、自然史、历史和地理,区别仅在于现代语课时的多寡。^[7]在当时,科学课程被纳入学校教育中,主要是为了让学生得到心智技能的训练以及获得一些事实性的知识,然而这些课程未能对社会变化作出反应,未能对学生的变化作出反应^[8],因而,这个委员会忽视美术、音乐、体育和职业教育,认为这些科目对智力培养没有用处。^{[3]88}

1895年,十人委员会设置了九个分委员会,其中的三个分委员会负责科学课程的设置,即:物理、天文与化学委员会;自然史委员会;地理委员会。自然史委员会在中小学所有年级所倡导的自然研究运动(Nature Study Movement)产生了广泛的影响。自然研究运动因应当时美国开始由农业社会进入工业社会,人与自然之间的关系逐渐疏离,而想要减缓农村城市化运动,其首要目标在于让学生对大自然产生兴趣,其次在于发展学生观察、比较与表达观点的能力(即现在所说的亲历科学过程),获得知识仅是其最次要的目标。该委员会认为,自然研究中师生不应使用书本,教师应引导学生在教室或野外从事对动植物的观察并将观察的结果以模型、图画等形式予以表达。因此,自然研究可算得上是以学生为中心的跨学科统整课程,它融合了生物、语言、地理、绘画等学科内容。自然研究运动在1910年左右达到顶峰时期,不过由于当时教师基本科学素养不足、课程结构过于松散,至30年代影响逐渐减弱。在同一时期,由克莱格(Jerrold Craig)所设计并倡导的“小学科学运动”(Elementary Science Movement)对科学教育实践也产生了一定的影响。“小学科学运动”主张学生学习重要的科学概念,因此,相对于自然研究而言,小学科学更为抽象和远离生活。正如有学者所言:科学教育的目的究竟是培养少数科学精英,还是能够在日常生活中体现科学素养的普通大众?科学教育究竟是把人带离自然、进而控制自然,还是帮助人理解自然、保护自然?这类基本的科学教育价值观的冲突从一开始就表现出来。^[9]

(二)进步主义时期与科学教育的发展(1930—1950)

进步主义改革运动描述了19世纪20世纪之交在美国人口和工业发生极其深刻变化的背景下,为了响应这一变化、推进社会和教育改革所进行的一系列努力。^{[5]252}而进步主义教育运动则是对传统学校教育的革命,其萌芽于19世纪末期,20世纪30年代达到顶峰。进步主义教育以帕克、杜威等教育家的理论为基础,开展以学生为中心的跨学科教育。其教育方法更为人性化,与美国的民主理念颇为一致,故而对美国学校教育改革产生了深远的影响。进步学校提倡科学教学应创造机会使学生直接接触自然,动手试验并观察科学现象,以及将科学与个体的身心发展相联系等。

在此时期,美国教育研究协会(National Society for the Study of Education)发布了两份关于科学教育的重要报告,对科学教育的发展产生了相当大的影响。这两份报告分别是1932年的《科学

^① 十人委员会成立之初,其成员为五位大学校长、一位高中校长、美国教育部长、一位大学教授和两位私立大学校长,在哈佛大学校长艾略特(Charles. W. Eliot)领导下工作。而艾略特支持严格的心智训练的方法。

教学纲要》(A Program for Science Teaching)与 1947 年的《美国学校科学教育》(Science Education in American Schools)。1932 报告中强调,学校中的科学课程应该是 12 年一贯制,应将科学方法作为科学的有机组成部分。科学课程的组织应围绕一般原理与综合化的知识,而非事实性的知识,以此来解决自然研究运动所产生的问题。^[10]¹⁵⁴ 报告指出,过去的科学课程内容未能反映当时的科学发展与学生生活经验,应该提供给学生能广泛理解自然界和影响个人与社会生活的方法。

1947 年报告将 1932 年报告中提到的注意社会相关问题再次突显出来。当时二战刚刚结束,有人担心科学的发展将有可能毁灭人类社会。由于关心大众对科学的态度,以及对科学的社会角色的思考和批判,报告重申了科学教学的必要性:一方面,如果科学是一种没有方向、没有特性的中性力量,公众了解科学家的事业可以增加他们对科学的支持;另一方面,如果科学是一种危险的人类游戏,那么科学教育应该使公众理解科学,更为明智地参与到科学决策活动中。报告指出科学教学的主要目标仍然是了解科学的一般原理和综合化知识,理解科学方法,学习问题解决技能以及提升对自然界的兴趣等。^[11] 报告建议应在儿童早期阶段就开设科学课程,并整体考虑 K-12 年级的科学教育。

二、精英科学教育发展期

第二次世界大战后,世界科学中心逐渐转移到美国,这使得美国迅速成为世界头号大国。然而随着苏联成功发射世界第一颗人造卫星,美国朝野上下一片恐慌,感到科学技术的落后。美国主流社会将科学技术的落后归因于学校教育的失败,抨击学校的课程、破败的校舍、短缺的师资……进步主义时代风行的“生活适应”教育更是成为了攻击的对象。^[12] 发动科学教育改革,主要目的在于培养科学技术精英,以发展美国科技,确保美国对世界的领导地位。培养各类精英人才成为美国此后几十年科学教育方针的核心,我们将这一时期称为“精英科学教育发展期”。

(一) 科学课程改革的黄金年代(1957—1977)

为了与苏联展开竞争,美国加紧了教育改革的步伐。1958 年 9 月 2 日,美国颁布了《国防教育法》(National Defense Education Act of 1958),其中指出应将自然科学、数学、现代外语和学生指导作为主要科目进行教学;加强天才教育;积极发展职业教育,培养大批高技术人才;为低收入家庭的儿童提供必要的援助等。1959—1963 年间,美国联邦政府拨款数亿美元用于各个项目的援助计划。1959 年 9 月,美国国家科学院召开全美科学教育研讨会,会议主席布鲁纳在大会的总结报告《教育过程》(The Process of Education)中,阐明了这次改革的指导思想,其中包括强调学科基本结构、开发螺旋式课程、教学采用发现法,以及注意发展学生的直觉思维能力、注重早期智力开发等。由于科技人才数量匮乏、高中科学课程内容过时、科学教师亟待培训以及改进教学方法等,美国国家科学基金会(National Science Foundation)投入大量资金支持科学课程改革^①,这也是称此阶段为科学课程改革的黄金年代的重要原因。许多科学教育专家、著名科学家以及资深科学教师共同参与科学课程改革,开发了一系列新的科学课程,包括小学的 SAPA(Science-A Process Approach)、SCIS(Science Curriculum Improvement Study);中学的 PSSC(Physical Science Study Committee)、CHEMS(Chemical Education Material Study)、BSCS(Biological Sciences Curriculum Study)等。这个阶段的科学课程改革较为强调学科的基本概念和基本原理,关注课程内容的及时更新,但是比较忽视学生的需要和兴趣,很少涉及学生在日常生活中遇到的科学问题。因此,所开

^① 美国科学基金会投入在科学课程改革的资金由 1955 年的十三万美元上升至 1959 年的四千万美元,以积极培养科学技术人才,摆脱科技的落后局面。

发的课程学术性太强,具有很强的精英教育倾向,而且仅局限于课程的改革,因此成效不如预期^①,到七十年代后期就逐渐终止了。

(二)“回归基础”教育运动(1977—1983)

美国六十年代追求学术卓越,着重于学生智力的开发,培养学生的创造能力和探究能力,但成效并不显著。开发的部分课程过于学术化,致使学生既缺乏就业的基本知识,也缺乏工作的技能,无法适应社会的需要。1975年8月美国《全国教育进展评议处》的通讯上发表的一项研究表明,17岁左右的青年能解简单消费型算术题的人数已下降至不到半数。七十年代初期,美国的盖洛普民意调查(Gallup polls)向公众调查改进科学教育的方法。自1976年起,“教导基本课程”“加强课程标准”两项均在排行的前五位。自此,“回归基础”教育运动初露端倪。“回归基础”教育的核心是加强学生的读、写、算等基础知识和基本技能,制定最低的课业标准和能力测验,以提升学生能力,并强调传统教学方法,如讲授法、练习、背诵、日常家庭作业以及经常性的测验等。

(三)国家处于危机中(20世纪80年代)

1983年,因大学院校学生物理课业表现持续下降,国家教育优异委员会(National Commission on Excellence)发布《国家处于危机中:教育改革势在必行》报告,援引各种测验数据以表明美国教育质量正急剧下滑,“一股平庸主义正在教育中蔓延”,这将导致美国在商业、工业、科学和技术创新方面领导地位的丧失,使国家处于危机之中。因此,委员会建议所有高中毕业生都应修完“五种新基础”(Five New Basic)课程:四年英语、三年数学、三年科学、三年社会科学和半年计算机科学。并建议在职业教育、艺术和自然科学方面提供更严格的课程,其中中学科学课程应包含:物质与生物科学的概念、定理和过程;科学推理与探究的方法;科学知识在日常生活中的应用;科技的发展对社会和环境的影响等。委员会认为,科学课程既要考虑那些即将进入大学继续学习的学生,也要为那些无法进入大学的学生考虑,课程内容应及时更新。继《国家处于危机中》发布以后,全国和各州关于教育状况的报告也陆续出台,对美国科学教育产生了重要的影响。

三、大众科学素养拓展期

二十世纪九十年代以来,知识经济初露端倪,经济的发展不再取决于劳动力资源和自然资源的占有和支配,而主要取决于智力资源的占有和配置,^[13]这对劳动者的素质提出了较高的要求。各国教育改革逐渐由精英主义取向转向大众教育阶段,教育开始面向全体国民,科学教育日益强调培养全体国民的科学素养,使其充分理解科学、技术和社会间的相互关系。^{[10]163}这个时期我们称之为“大众科学素养拓展期”。这个时期是美国科学教育频繁改革的时期,也是其科学教育改革日趋成熟、系统化的时期。

(一)“2061计划”

美国科学促进者协会(AAAS)在考察和分析美国基础教育的成效后认为,20世纪80年代的美国中小学生的科学文化素养既低于国际一般标准,也未达到美国自己设立的标准,这不利于美国国家竞争力的提升。基于此,AAAS受卡耐基公司和安德鲁·梅隆基金会的委托,于1985年开始着手制定“2061计划”,其目的在于提升面向21世纪的学生科学素养(包含科学知识、科学世界观、科学探究方法等)。“2061计划”制定的科学课程改革的基本原则是:以目标为导向;凡事都有其复杂面;教师中心;求精不求多。

^① 对于这次课程改革的成效,也有学者持有异议。比如美国学者诺曼·列维特就曾指出,这次课程改革的精英主义倾向实际上有利于那些一流的学生之发展,也为美国培养了很多高素质的科技人才。参见(美)诺曼·列维特:《被困的普罗米修斯》,南京大学出版社2003年版,第278-280页。

“2061 计划”将每个学生从幼儿园到高中毕业应获得的科学知识分为十二大类:科学、数学、技术的本质属总类,下面分为物理、生态环境、人体机能、人类社会、技术世界、数理世界、科学史观、一般主题与思维习惯九个大类。^[14]由于涉及美国 80 年代中后期至 21 世纪初科学、数学与技术教育的构想,其目标长远,因此这些构想被划分为三个阶段制定和实施。第一阶段:拟定计划阶段(1985—1989 年)。此阶段根据学生从幼儿园到 12 年级在学校科学、数学与技术教育中所应具备的概念、技能和态度提出改革的理念,并于 1989 年出版《面向全体美国人的科学》(Science for All American),具体阐述科学课程改革的理念。第二阶段:预试阶段(1989—1993 年)。根据前一阶段所提出的改革理念制定课程模式作为改革的蓝图,并在六个地区开展“2061 计划”的预试。1993 年出版《科学素养的基准》(Benchmarks for Science Literacy),对 K 到 12 年级不同阶段的学生进行 12 个主题的原则性标准规范,并规定了 2、5、8 和 12 年级的学生所应达到的标准。第三阶段:推广普及阶段(1993—)。从 1992 年开始,用十年时间大力宣传改革计划,以征得国会、科学学会、教育机构等的广泛支持,将第二阶段的预试成果转化为全国性的改革行为,落实“2061 计划”所提出的目标。2000 年出版《设计》(Design)一书,阐明改进今日课程与设计明日课程的模式和方法。由该计划的发展可见其进展缓慢,但力求严谨。1996 年经合组织在发表的有关世界科学教育改革研究报告中,称“2061 计划”是“美国历史上唯一有目共睹的科学教育改革尝试”,它“改变了美国科学教育改革的气候”。这种评价虽有些夸张,但也反映出美国这次科学教育改革的巨大影响。^[15]

(二)美国国家科学教育标准(NSES)

1994 年 3 月 31 日,美国总统克林顿在两党领导人的帮助下成功使《2000 年目标:美国教育法》(以下简称《2000 年目标》)得以通过,从而揭开了新一轮的中小学教育改革。《2000 年目标》再次将教育与大企业的需要联系起来,强调为增强在国际市场中的竞争力而培养劳动者的重要性。^{[16]631}其中指出,到 2000 年,美国学生的科学和数学成绩应达到世界一流水平,科学和数学的评价将由教育系统来强化,尤其是早期教育、科学及数学教师人数将增加 50%,少数族裔、女大学生和研究生的数量将显著增加。《2000 年目标》的制定要达到三个目的或者说其最终实现要通过如下途径:其一,发展世界级的标准和美国学习成就测验;第二,鼓励各社区运用国家标准发展各自的策略并作年度报告说明其迈向目标的程度;第三,建设数以千计的创新型学校,以满足学生和家的需求。^{[5]336}

虽然以今日事实观之,《2000 年目标》的部分预期并未达到^①,但它的采用是美国各州和联邦政府教育政策的转折点。根据《2000 年目标》的规定,美国诸多专业机构或团体迅速组织力量制定相关学科的中小学课程标准。1994 年 3 月 28 日,美国国家科学教育标准和评定委员会向国家研究理事会提交了一份 NSES 的讨论稿。经过不断修订和征求各方意见,于 1996 年正式发布 NSES。

NSES 指出,在科学探究的产物触目皆是的世界,具备良好的科学素养是每个人必不可少的需要。每个人每一天都有不少事情需要运用科学知识作出适当决策,有越来越多的工作需要高级技能、创造性思维和解决问题的能力。了解科学及其过程是掌握这类高级技能的根本途径之一。^[17]基于此,美国国家研究理事会于 1996 年正式发布《美国国家科学教育标准》,全面提出科学课程改革方案,其中囊括了科学教学、教师专业进修、评价、内容、教育大纲以及教育系统等。相较于之前许多头痛医头、脚痛医脚的改革方案而言,NSES 更加系统、完整,将科学教育作为一个动态的系统来看待。NSES 将学生应该知道、了解以及动手做的内容清楚地阐述,以便于把学生培养成为在不

^① 美国在 2003 年 PISA 测验中,学生的数学素养和科学素养均低于 OECD 国家的平均水平;在 2009 年 PISA 测验中,其数学素养低于 OECD 国家的平均水平,科学素养勉强与平均水平持平。

同阶段具有不同科学素养的人。直言之, NSES 是“面向全体学生”的, 旨在强调平等与卓越。NSES 强调学习科学是学生积极主动的探究过程, 学生通过探究学会自己提出假设、积极思考以提出各种可能的解释并进行检验。因此, 学生应该有高素质的科学教师、足够的上课时间、丰富的学习材料和适宜的学习场所等, 这些都有赖于整个科学教育系统的支持。

(三) 不让一个孩子落伍 (NCLB) 法案

从 20 世纪 70 年代开始的通过标准化测试和择校以加强控制的保守的政治议程在乔治·布什总统的支持下, 2001 转变成了联邦立法——NCLB 法案,^{[16]638} 标志着美国新一轮教育改革的开始。此轮教育改革的原则是: 为绩效负责; 弹性与地方自主; 改进教学方法, 基于科学研究而教学; 为家长提供更多的选择。联邦政府要求各州积极推进高中课程改革, 建立各州统一的高中毕业考试制度以及高中学科课程和标准要求, 并增加数学和科学内容等。然而, 小布什政府的报告显示, 只有 24 个州要求高中毕业生至少学习三年数学, 21 个州要求高中毕业生至少学习三年科学。为此, 小布什政府在 2006 年的预算中编列 5000 万总统数学和科学学者方案, 以鼓励学生从事科学和数学研究。2007—2008 年, 要求各州在小学、初中和高中每年组织自然科学科的测试。^{[16]639} 有研究表明, NCLB 已对美国学校教育产生了效果, 直接影响了教师的工作、课程设置和教育领导者的观念, 同样也对美国的教育体系产生了持续的影响。^[18]

四、影响美国科学课程改革的因素探析

从美国科学课程改革的百余历程来看, 美国现代科学教育从形成之初就已经蕴藏着内在的矛盾, 这些内在的矛盾与外在的国际、国内形势一同推动着科学课程改革由局部走向整体、由不成熟逐渐走向成熟。具体说来, 影响美国科学课程改革的因素包含:

(一) 外部因素: 国家层面的危机意识

自从第二次世界大战结束, 美国成为世界科学技术中心之后, 就一直注意运用各种评价机构所提供的学生测验数据, 煽动舆论的力量营造美国一直处于内忧外患之中的国内气氛。借以提醒美国民众应加强科学教育, 通过改革科学课程以培养一流的科学技术人才, 使美国得以在经济、军事和科技方面永远处于领先地位。这一点值得我国政府部门和教育部门深入反思和借鉴。虽然新中国成立以来, 尤其是改革开放之后, 我国的科学技术有了突飞猛进的发展, 但是至今许多关键技术仍不得不依赖于美国等西方大国, 其实我国才真正处于危机之中。并且, 我国现实的科学教育改革似乎并不十分成功。单就我国小学阶段的科学课程的开设来说, 就很成问题。在许多小学校, 科学教师数量严重匮乏, 科学课时经常被其它课程取代,^[19] 教育经费不能保证科学探究活动的正常开展等问题依然存在, 这些问题严重影响了基础教育阶段科学教育的质量, 更不用说高等教育阶段的“钱学森之问”了。相关部门应该对各阶段科学教育加以重视, 相关学者也应该积极出谋划策。如此, 科学教育方能为杰出人才的培养打下坚实的基础, 为我国经济的腾飞和军事、科技的发展提供坚实的保障。

(二) 内部因素: 新旧教育价值观的冲突

教育, 从本质上讲, 是人类的一种文化现象, 是教育者教育价值观的外化。^{[20]93} 教育改革则是教育者新旧价值观之间的冲突, 而这些价值观的形成则是教育研究者进行思考与研究的结果。这些研究既包括对历史上已经存在过的教育事实和教育主张的研究, 也包括对现存的教育形态、教育活动和教育主张的研究。^{[20]60} 具体到科学课程改革上来, 即是科学哲学、教育心理学发展的影响以及对科学课程改革历程的反思和总结。科学哲学对科学知识的生产、科学发展的历程和科学家的形象等的研究成果^[21], 教育心理学对人类学习机制的新看法(即从传统的刺激—反应发展到目前的

社会建构主义),以往科学课程改革头痛医头、脚痛医脚的教训,这些方面无不促进了科学教育者教育价值观的不断更新。而更新了的科学教育价值观则推动科学课程的不断改革,使科学课程与教学更加适应社会的发展需求,更加符合学生的心理发展特征,更加趋于合理。

上述影响科学课程改革的内外部因素,并非相互孤立,而是以科学技术的发展为中介相互联系着共同推动科学课程的不断改革。具体说来即是,军事、经济的发展需要科学技术的不断发展,科学技术的发展又推动科学哲学、教育心理学的研究不断更新,这又带来了科学教育者新旧教育价值观的冲突,冲突的结果即是科学课程改革的发动,科学课程与教学的更趋合理又为科学技术的发展培养了后备力量,持续推动科学技术的发展。当然,这里所说的推动、促进等都不是简单的线性决定关系和一蹴而就的事情,其间的复杂关系值得我们深入研究和探讨。

参考文献:

- [1] 中共中央马克思恩格斯列宁著作编译局. 列宁全集:第29卷[M]. 北京:人民出版社,1957:230.
- [2] Bybee R W, Deboer G E. Research on Goals for the Science Curriculum[M]//In Gabel D. L. (Ed.). Handbook of Research on Science Teaching and Learning. NY: Macmillan Publishing Company,1994:357-388.
- [3] (美)艾伦·C. 奥恩斯坦,费朗西斯·P. 汉金斯. 课程:基础、原理和问题[M]. 柯森,译. 南京:江苏教育出版社,2009.
- [4] (英)斯宾塞. 教育论[M]. 胡毅,译. 北京:人民教育出版社,1962:7.
- [5] (美)迪安·韦布. 美国教育史:一场伟大的美国实验[M]. 陈露茜,李朝阳,译. 合肥:安徽教育出版社,2010.
- [6] 张玉勤. 美国课程改革透视[J]. 华东师范大学学报:教育科学版,1996(1):47-56.
- [7] NEA. Report of the Committee of Ten on Secondary School Studies with the Reports of the Conferences Arranged by the Committee[R]. NY: American Book Company,1894:19-38.
- [8] 张玉勤. 美国课程改革透视[J]. 华东师范大学学报:教育科学版,1996(1):47-56.
- [9] 李雁冰. 美国科学教育的滥觞与“第一次革命”[J]. 全球教育展望,2005(8):33-37.
- [10] Hassard J, Dias M. The Art of Teaching Science[M]. NY: Routledge,2009.
- [11] NSSE. Science Education in American Schools: Forty-sixth Yearbook of the NSSE, part II [R]. Chicago: University of Chicago Press, 1947.
- [12] 张斌贤,王晨. 外国教育史[M]. 北京:教育科学出版社,2011:463.
- [13] 靳玉乐. 新课程改革的理念与创新[M]. 北京:人民教育出版社,2006:4.
- [14] 张璐,朱晨海. 2061计划与美国科学教育改革[J]. 外国中小学教育,2000(1):29-31.
- [15] 徐学福. 跨世纪的美国中小学科学教育改革[J]. 广西师范大学学报:哲学社会科学版,2000(3):66-70.
- [16] (美)乔尔·斯普林. 美国学校——传统与变革[M]. 史静寰,等译. 北京:人民教育出版社,2010.
- [17] (美)国家研究理事会. 美国国家科学教育标准[M]. 戢守志等,译. 北京:科学技术文献出版社,1999:1.
- [18] (美)赵勇. 亲历美国教育改革:不让一个孩子落伍[J]. 基础教育参考,2008(9):31-35.
- [19] 肖磊. 科学教育专业“有市场无需求”急需改变[N]. 中国教育报,2011-02-14.
- [20] 孙振东. 教育研究方法论探索[M]. 重庆:重庆大学出版社,2008.
- [21] 肖磊,徐学福. 科学课程中的辉格史批判[J]. 教育学报,2012(2):77-78.

责任编辑 曹莉