

# 美国、德国与日本中小学 STEM 教育比较研究

杨亚平

**摘要：**自美国将 STEM 教育提升至国家战略地位以来，STEM 教育受到各国高度关注。本文从背景、目标和实施三个维度对美日德中小学阶段的 STEM 教育进行了宏观比较，结果显示美日德都将 STEM 教育视为 21 世纪教育改革的新方向，并试图本土化 STEM 教育，德国在 STEM 教育中仍凸显了完善的职业教育体系和终身教育理念，日本则透出强大的基础学科研究能力。

**关键词：**STEM 教育；中小学教育；国际比较

**作者简介：**杨亚平 / 华东师范大学教育学部课程教学系博士研究生(上海 200062)

STEM 是科学(Science)、技术(Technology)、工程(Engineering)和数学(Mathematics)四门学科的缩写，<sup>[1]</sup>它几乎囊括了与科学、技术、工程及数学相关的所有领域，甚至与心理学、经济学、社会学和政治学相关，<sup>[2]</sup>是一个偏理工科的多学科交融领域。由于 STEM 职业需要的是能融会贯通多个学科的复合型创新性人才，因此 STEM 教育更强调这四类领域的有机融合。它往往将传统的以教师为中心、以课程为中心的讲授式教学转变为以学生为中心的探究式教学，如项目学习、实验室研究、小组讨论等。STEM 教育不仅是推动学生投身科学、技术、工程和数学领域的水泵，而且能培养学生“21 世纪技能”以及对个人健康、环境质量、能源耗费和国家安全进行理智决策的能力。<sup>[3]</sup>作为 STEM 教育的基石，中小学阶段的 STEM 教育无疑有着举足轻重的地位。

美国作为 STEM 教育的发起国，其所实施的 STEM 教育无疑成为多国借鉴的模板；而 STEM 教育的核心目标之一是增加 STEM 劳动力，因此历来以完善的职业教育体系著称的德国所实施的 STEM 教育值得关注；日本是东亚儒家文化圈的佼佼者，其 STEM 教育对中国极具启发。可见对美日德的 STEM 教育进行比较具有深刻意义。

## 一、美日德实施 STEM 教育的动因分析

STEM 教育起源于美国。1986 年，美国国家科学委员会(National Science Board, 简称 NSB)发表报告：《本科的科学、数学和工程教

育》(Undergraduate Science, Mathematics and Engineering Education),<sup>[4]</sup>首次明确提出“科学、数学、工程和技术教育集成”的纲领性建议，被视为美国 STEM 学科集成战略的里程碑。<sup>[5]</sup>20 世纪 90 年代，美国国家科学基金会(National Science Foundation)开始用 SMET 作为科学、数学、工程和技术的简称，<sup>[6]</sup>但由于与“smut”发音相近，至 2001 年其教育与人力资源部负责人朱迪斯(Judith A. Ramaley)正式提出 STEM 一词。<sup>[7]</sup>在德国，STEM 教育由于语言的关系被缩写为 MINT (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft und Technik)教育。

美日德在中小学阶段进行 STEM 教育改革的原因大致有三方面：STEM 劳动力匮乏，人才缺口增大，女性及弱势群体所占比例偏低；高等教育阶段中 STEM 领域的学生入学率和保有率持续下降；中小学阶段的学生在 STEM，尤其是 S 和 M 上表现差强人意。但是各国的主要动机有所不同，德国主要考虑劳动力市场的需求，日本则更多受到国际学生评价项目(Program for International Student Assessment, 以下简称 PISA)、国际数学和科学评测趋势(The Trends in International Mathematics and Science Study, 以下简称 TIMSS)等国际中小学测评结果的影响，美国则兼而有之。

1、美国 STEM 教育产生背景：国际竞争力下降  
美国自前苏联人造卫星发射后就深刻意识到：国家核心竞争力的本质是人才的竞争，科学

家、工程师和技术工人将是21世纪处于主导地位的人力资源。其劳工部早在1996年就指出,几乎所有的科技职业都离不开STEM基础知识。<sup>[8]</sup> 教育部2007年的调查显示,当今75%发展最快的职业都要大量的科学或数学技能。<sup>[9]</sup> 政府统计署预测,2015年有三分之一的工作与STEM息息相关。<sup>[10]</sup> 然而,美国本土劳动力却缺乏STEM职业所要求的数学素养、计算机素养和问题解决能力等,致使外国人占据了許多中坚职位。可是随着新兴经济的崛起,优质的外国员工流失加速,STEM劳动力缺口增大。为此美国密切关注STEM人才培养。

此外美国大多数中小学学生并没有为今后在知识型社会立足做好准备,其教育质量不容乐观。美国国家教育进展评估(National Assessment of Educational Progress, 即NEAP)的最近结果表明:大约75%的学生到8年级时还未熟练掌握数学。美国不同群体间的学生在STEM学科上的学业成就相差巨大,非白种人、低收入群体、女性等弱势群体的表现尤为欠缺。在各类国际测评中,美国学生的表现处于中下水平。2011年的TIMSS测试中美国只有10%的8年级学生高于“科学”的国际基准,而新加坡和中国分别为32%和25%。<sup>[11]</sup> 美国历年的PISA成绩仅在OECD平均值上下波动(如表1)。为此奥巴马2010年呼吁“美国的未来领导地位取决于今天我们如何教育我们

的学生——特别是在科学、技术、工程和数学(即STEM)领域。”2014年又言“为了学生能掌握新经济体所需的技能,如问题解决能力、批判性思考、STEM技能等,学校正在付出巨大努力。有些改变是艰难的,但值得我们努力。”可见国际竞争力下降是促使美国实施STEM教育战略最为关键的原因。<sup>[12]</sup>

### 2、日本STEM教育核心推动力: 学生学业成就下降

金融危机以来,日本对其劳动力市场和教育体系进行了深刻反思,进一步加快了STEM教育改革的步伐,然而推动中小学阶段STEM教育改革的核力量却是学生的学业成就,尤其是在国际比较测试中的成绩。

1998年,日本在中小学推行“宽裕教育”(Yutori Education)政策,大幅缩减课时数、精简教学内容、减少必修学分,力图通过创造宽松的学习环境来培养学生的“生存能力”,然而学生的学业成就随之下降。在PISA测试中,日本的表现尤其在数学上退步明显(如表1)。与2000年的成绩相比,2003年PISA成绩大幅下滑激起了日本国内轩然大波,进而引发“PISA危机”(PISA Shock)的批评浪潮。<sup>[13]</sup> 日本将其在PISA上的急退和TIMSS推理能力中的糟糕表现归结为基础教育的薄弱,并开始关注美国的STEM教育,以寻求解决途径。媒体和公众对国际测评的重视使得国际测评成为影响日本中小学阶段教育改革的重要因素。<sup>[14]</sup>

表1:美国、日本PISA测试结果<sup>[15] ①</sup>

时间	科目	数学		科学		阅读		参与数
		美国	日本	美国	日本	美国	日本	
2000		19/493	1/557	14/499	2/550	15/504	8/522	32
2003		26/483	6/534	22/491	4/548	18/495	14/498	41
2006		35/474	10/523	29/489	6/531		15/498	57
2009		31/487	9/529	23/502	5/539	17/500	8/520	65
2012		26/481	7/536	21/497	4/547	17/498	4/538	65

### 3、德国MINT教育主要动机: 高质量MINT劳动力匮乏

相比美日,虽然学生的学业成就,尤其是PISA等国际比较测试在德国同样引发了一系列教育改革,如2000年的PISA结果促使德国制定了全国统一的标准、设立全国性的独立的教育评估机构等,然而MINT教育的主要推动力来自劳动力市场

的需求。

德国作为欧洲的主要经济体,一直以稳定的工业和完备的职业教育体系著称,因此格外重视职业教育。即便如此,德国在MINT领域仍缺乏高质人才,2012年仅工程师的缺口就高达10万。<sup>[16]</sup> 因此,在德国的政府报告中频频提及“需要用MINT教育弥补该缺陷”的观点。比如

德国联邦教育与研究部在其调查报告《MINT 展望——MINT 事业与推广指南》(Perspektive MINT——Wegweiser für MINT-Förderung und Karrieren in Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik)<sup>[17]</sup>中指出：“某些行业、地区和职业的高级技工缺口已经很大，因此保证劳动力的数量和质量是联邦政府活动的重心。”

## 二、STEM 教育目标取向分析

尽管美日德目前还未就各自在中小学阶段的 STEM 教育目标达成共识，出台纲领性文件，但从各国政府的工作报告及各国 STEM 教育产生背景中，仍能对其窥知一二。

### 1、美日德共有的 STEM 教育目标

鉴于中小学阶段的 STEM 教育主要源自科技变革中 STEM 劳动力的紧缺，加之未来十年 20 个最具发展潜力的职业中，有 16 个与 STEM 有关，其中仅有 4 个需要高学历，因此培养具备 STEM 能力的劳动力是国家经济的命脉所在；<sup>[18]</sup>再者，美日德的中小学学生在 STEM 领域的成就和兴趣表现欠佳；此外女性和弱势群体无论在应用型人才还是研究型人才中的比例均偏低。上述三点导致“增加励志投身 STEM 职业及 STEM 研究的学生人数，培养学生的 STEM 兴趣，增加女性和弱势群体的比例”成为美日德中小学阶段 STEM 教育的共同目标，但各国的侧重点略有不同。

德国历来有重视职业教育的传统，政府将保证劳动力的数量和质量视为工作重点，<sup>[19]</sup>加之德国将专业技术人才的创造力视为解决当前科技发展中遇到的问题、迎接未来挑战的核心，因此相比而言德国中小学阶段的 MINT 教育更关注学生在 MINT 职业上的兴趣和发展。相反日本一直强调以科学技术创造立国，在科研总人数、每千人科研人数、专利数量、论文数量等方面均领先世界。如 OECD2012 年的统计数据显示，日本有超过 65 万的研究者，仅次于美国和中国。再者日本政府自 20 世纪 80 年代提出“加强基础科学研究实力”的 21 世纪人才培养战略目标，因此其中小学阶段的 STEM 教育相对侧重 STEM 研究型人才的培养，增加学生对 STEM 相关学科的兴趣和热情，加强高中阶段的 STEM 精英教育。<sup>[20]</sup>美国则两者并重，力求全面发展。

### 2、美日德 STEM 教育目标特色

美日德在中小学阶段的 STEM 教育改革仍保留着各自的教育理念和特色，在教育目标中有以下体现。

美国素来重视“素养”的培育，将其视为现代社会人类必备品质，早已提出诸如信息素养、科学素养、数学素养、阅读素养等素养培养目标；加之教育公平思想的影响，美国将“培养所有学生的 STEM 素养(STEM Literacy)”视为中小学阶段的 STEM 教育目标之一。STEM 素养是指学生对制定个人决策、参与公民事件、经济生产所必须的科学和数学的概念性知识与程序性知识的认识和理解。<sup>[21]</sup>STEM 素养的培养对象是所有学生，不仅限于那些对 STEM 领域有兴趣的学生。这将有助于学生更好地理解科学和技术，推动社会的发展。<sup>[22]</sup>

德国希望将 MINT 教育与终身教育结合起来，创造一种可持续发展的 MINT 教育，因此促进 MINT 教育链(Bildungskette)的发展<sup>[23]</sup>成为其目标之一。他们通过在儿童和青少年对 MINT 产生兴趣的早期阶段给予正向激励，使其持续不断地沿着 MINT 教育链发展。

## 三、STEM 教育实施现状分析

本文主要从政府、学校和企业三个方面分析美日德中小学阶段的 STEM 教育实施情况。这是由于 STEM 教育最初由美国政府提出并推广，政府在其中一直扮演重要角色；学校是 STEM 教育实施的主要场所；鉴于 STEM 教育的特殊性和西方社会办学的理念，企业为其提供了莫大支持。

### 1、政府投入

作为 STEM 教育的倡导者，美国政府无论在政策还是财政方面对 STEM 教育的支持无疑是最大的；德国目前还未把 MINT 教育作为单独条款列入政策性文件，只在多个政府报告中提及；而 STEM 教育在日本尚处于萌芽阶段。

政策方面，STEM 教育频频出现在美国的政府报告及法案中，最早可追溯到上世纪 80 年代，1983 年的美国杰出教育委员会(National Commission on Excellence in Education, NCEE)发布教育报告《风险中的国家》(“A Nation at Risk”), 其中便出现了整合科学、技术和数学的想法。为响应该报告，美国科学发展协会(American Association for the Advancement of Science)

于1985年启动了“2061计划”(Project 2061)。2007年,布什总统签署了《给未来技术、教育和科学领域杰出成就创造机会》法案(“Creating Opportunities to Meaningfully Promote Excellence in Technology, Education, and Science Act”),将“加强从小学到研究生的科学、技术、工程和数学综合教育”视为21世纪教育改革目标。奥巴马政府更是有过之而无不及,《不让一个孩子掉队法案》(No Child Left Behind)、《家庭教育权利和隐私法案》(Family Educational Rights and Privacy Act)等许多基础性法律文件都涉及STEM教育。

德国目前在多个政府报告中提到了MINT教育及其相关领域。2008年发布的《通过教育前进——德国资格证倡议》(Getting Ahead Through Education——The Qualification Initiative for German)呼吁增加进入MINT领域的女生人数,并有所成效:数理统计学中女研究生所占比例从2000年的42%增加到2011年的59%(经合组织平均从42%增加到45%),物理女研究生比例从27%增至42%(经合组织平均从40%增加到43%)。<sup>[24]</sup>又如《2011/2012德国教育系统》(The Education System in the Federal Republic of Germany 2011/2012)明确指出:“目前教育系统的关键是在各个层面的教育系统中加强MINT教育。教育与文化事务部长级会议已经将发展学校MINT课程提上日程。”<sup>[25]</sup>

相比之下,日本目前仍未在政策文件中正式提出过STEM一词,但政府已经认识到科技发展的核心在于改革,而通往成功改革的道路则必须重新审查和认识现有教育体系,<sup>[26]</sup>部分文件局部地、内隐地提及STEM教育理念。

财政方面,美国设有STEM教育专项预算,而德国和日本则没有。奥巴马政府2014年签署的《2015年STEM教育预算》(Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Education in the 2015 Budget)中显示2015年美国STEM教育的财政预算为29亿美元,比2014年增加了3.7%。该预算共有5个核心领域,其中中小学教育的预算为3.2亿美元,占总数的11.034%。<sup>[27]</sup>此外各州政府也在积极努力,爱荷华州州长布兰斯塔德(Terry Branstad)2011年7月签署第74号行政命令,明确要求创建州

立STEM咨询委员会,大力发展爱荷华州的STEM教育,以此来提升爱荷华州未来的经济实力。仅2013-2014年度,爱荷华州为委员会实际拨款就高达520万美元。<sup>[28]</sup>

## 2、学校教育

美国学校的STEM教育日趋完善,日本紧随其后,德国则另辟蹊径。总体而言美国的进程是全面、快速的,主要包括:建立以STEM为核心的学校,在综合性学校中设立STEM课程,以学校为依托建立供学校和社区使用STEM教育中心。德国则依靠工业的反哺,倾向于设立第三方独立机构来提高学生的STEM技能。日本偏向于传统教育的创新以及国际合作。

美国在中小学阶段成立了遍布全美的以STEM为核心的学校。综合来看,主要有三类:STEM精英学校(Selective STEM Schools)、STEM全纳学校(Inclusive STEM Schools)及STEM职业技术教育学校(Schools with STEM-focused Career and Technical Education)。这些学校共同的特征是:注重STEM学科;面向特定群体招生(STEM资优生或弱势群体);能提供严格的STEM课程、超时的STEM教学时间、丰富的STEM教育资源以及优秀的STEM教师等。目前全美大约有90所STEM精英高中,这一数字还在不断增多中。<sup>[29]</sup>

此外,美国的综合性学校也在加强STEM教育,主要体现在AP(美国大学预修课程)和IB(国际预科证书课程)这两个数学和科学方面全美最受认可的课程上,截至2009年,超过35%的美国公立高中开设了AP或IB课程。综合性学校中的STEM教育目标非常广泛,包括培养下一代科学家或革新者、培养学生的STEM技能、科学素养等。为达到这些目标,在过去的25年里综合性学校提高了数学和科学的毕业要求,至2008年,美国31个州的高中生毕业时需修满3个以上科学学分,37个州则要求数学学分不低于3个。<sup>[30]</sup>

德国和日本都还未出现明确聚焦STEM教育的学校。综合性学校方面,两国各施奇招。

为了达到设定的中小学阶段STEM教育目标,日本正在对传统教育做四个方面的改进:(1)通过修改课程大纲加强中小学阶段STEM学科的课时和内容,并鼓励旨在增强科学教育的项目。意图提高全国STEM基础教育质量,并激励学生投身

科学事业,进而为大范围发展日本的 STEM 教育打下社会基础。为此日本 2008 年颁布的中小学课程标准在“宽裕教育”基础上重新大幅增加了 STEM 相关课程的课时和内容,仅初中阶段的科学教育课时就增加了约三分之一。(2) 设立 STEM 精英教育专项基金,识别具有 STEM 天赋学生并给予特殊培养。(3) 加强 STEM 教育的教师队伍建设。(4) 支持和鼓励女性投身 STEM 教育及 STEM 相关职业。<sup>[31]</sup>

同时,日本试图通过国际合作,特别是与美国的合作来加快 STEM 教育改革的步伐。2014 年 2 月,由日本能源与环境教育协会主席熊野(Yoshisuke Kumano)教授领衔的日本代表团对美国爱荷华大学教育系进行访问,学习和借鉴 STEM 教育的实施经验。<sup>[32]</sup> 2015 年 2 月-3 月或 7 月-8 月间,在《TOMODACHI 倡议书: STEM 教育交流项目资助》(TOMODACHI Initiative Request for Grant Proposals STEM Educational Exchange Program)的框架下,美日两国围绕 STEM 教育组织学生进行为期 2-3 周,10-15 人规模的交流项目。<sup>[33]</sup>

相比美日,德国大胆创新。受 MINT 思潮影响,欧洲境内的学校新增了 300 多所课外教育设施,称为“校园实验室”,以培养更多的工程师和科学家为主要目标,绝大部分位于德国、奥地利和瑞士。德国国家航天与空间研究中心主持的 DLR 校园实验室便是其中一例。该实验室主要给有 MINT 天赋的中学生提供支持,目前已有超过 20 万学生参与过 DLR 校园实验室的项目。<sup>[34]</sup>

由此可见,美国在学校教育的 STEM 教育改革方面走在德日之前,不仅设立了以 STEM 为核心的中小学,而且在课程设置、课程要求、校园独立项目等方面做出了明确要求与实践活动。日本则主要借鉴美国的经验,在中小学课程方面进行改革,紧跟美国步伐。德国则更倾向于建立课外 MINT 项目。

### 3、企业支持

归功于首屈一指的强大工业背景和全民终身教育意识,德国社会为中小学阶段的 STEM 教育提供了另一种模式。美国也出现了许多旨在推动 STEM 领域发展的校企合作,日本则较少。限于篇幅,本文仅就德国、美国各举一例。

作为全世界最大的化工企业,德国巴斯夫公

司在莱茵河-内卡河大都市圈承担了一系列 MINT 教育项目,<sup>[35]</sup>其主要目标是支持当地教育并提高中小学学生对自然科学的兴趣,进而增强当地的吸引力和竞争力。在巴斯夫公司总部,每年有超过 18,000 名德国中小学学生参与到“巴斯夫公司学生实验室”的学习、研究和实验中。这些项目激励着中小学生学习科学和技术的研究,主要包括巴斯夫幼儿教育(BASF's Early Childhood Education)和巴斯夫少年儿童实验室(BASF Kid's and Teen's Labs)。该项目的成功导致全球 35 个国家出现了类似的“儿童实验室”(Kid's Labs)。

巴斯夫幼儿教育始于 2005 年,它以幼儿的全面发展为目的,现有 16 个独立项目。截止至 2011 年,已有 415 个幼儿园,16 所小学和 4 所教师训练中心参与了该活动。巴斯夫少年儿童实验室旨在给中小学学生提供实验机会。小学一年级至四年级学生能在这使用化学设备探索生活中观察到的科学现象;小学五六年级学生则通过实验学会如何把小点子变成新产品;13 到 19 岁的少年们可以通过一些项目习得化学和生物技术,把课堂中学到的知识运用起来。这些项目包括营养、化妆品、能量、塑料和催化等等。这项活动不仅面向德国,而且欢迎全世界的儿童前往参与。仅 2013 年,就有 70,866 名来自 30 个国家的小朋友来到实验室,享受着探索、发现的快乐。<sup>[35]</sup>

相比于德国全面、全民参与的社会 MINT 机构,美国更多地是面向企业、局部化的 STEM 合作机构。为响应奥巴马 2010 年的号召,美国一百多家企业的 CEO 创建了名为变革方程的非盈利性机构,致力于推广中小学 STEM 教育。<sup>[36]</sup>再如爱荷华州立 STEM 咨询委员会组织的、与微软联合创办的微软 IT 学院项目。该项目旨在数据扫盲、技术性的和聚焦 STEM 的培训、以及 21 世纪劳动力发展等领域为学生提供帮助和指导。并成立了一个为爱荷华州 150 个高中和社区大学服务的 IT 学院。微软为其中的 100 所学校提供微软办公软件专家(Microsoft Office Specialist)考证培训。微软 IT 学院项目在教育与职业连接问题上给出了一个完美的示范。

## 四、启示

面对 21 世纪的经济全球化,美日德都在加快

教育改革步伐,虽然侧重点各有不同,但都向着形成“政府-学校-企业的全民STEM教育生态圈”方向发展。我国虽然还未正式提出STEM教育,但许多团体、个人都在以各种方式对其进行积极探索:北京师范大学教育技术学院与澳大利亚昆士兰科技大学联合举办STEM国际教育大会;<sup>[37]</sup>北京景山中学的老师们开发出大批STEM教学活动;<sup>[38]</sup>2014年8月上海科学教育中心在上海市科协的支持下,打造了上海STEM云中心等。<sup>[39]</sup>我国当前面临着如何完成产业转型、提高国际竞争力的巨大挑战,而致力于培养实用型、创新型人才的STEM教育无疑可以给出很多启发。

### 1、建立教育改革生态圈

教育改革不同于某一行业或技术的改革,它需要全民参与,动员一切可利用的资源创造一个和谐的、目标明确的教育生态圈,从各个维度渗透教育理念。新课程标准颁布十余载,人们普遍的感觉是理念很好但实施效果欠佳,究其原因亦与学校体系外的推广不利有关。反观德国和美国,整个社会尤其是企业在STEM教育的实施上承担着莫大的责任,通过校企合作、开设实验室、创办项目等将资源以学生为中心进行重组整合。我国显然已经意识到了单靠政府和学校来办教育是杯水车薪,《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010-2020年)》明确指出,要“充分调动全社会力量关心和支持教育,完善社会力量出资兴办教育的体制和政策,不断提高社会资源对教育的投入”。但这是一个教育理念转变的长期问题,人们普遍认为教育部门办教育而非社会力量办教育。即使如此,鉴于STEM教育对未来劳动力市场的影响,政府和中小学仍然可以和STEM利益相关者组建教育联盟,充分调动商业界、工业界、科研机构、学术组织、高等院校、校外科学教育基地的力量。校企合作在高等教育阶段已积累了很多经验,中小学阶段可以从中借鉴。

### 2、中小学教育中渗透STEM职业教育

高质量的STEM劳动力不仅需要扎实的专业基础,还需要对职业持久的热爱及投入创造的精神,这些都需要从小培养。而我国除了中职以外很少在中小学渗透职业教育,学生往往到高考报志愿的时候都对所填专业一无所知,职业选择动机更多来自外部的功利因素。在中小学阶段渗透职业教育迫在眉睫。

近年来,我国少数学校出现了职业体验日活动,一些地区还成立了职业体验中心,为中小学学生提供诸如医生、教师、警察等职业的体验。<sup>[40]</sup>这无疑是巨大的进步,但这类体验往往流于形式,学生只大致体会到该职业做什么,并不了解该职业领域面对的问题是什么,如何解决。反观美国和德国的STEM教育无论从培养目标还是实施方式上都有明显的职业倾向,学生通过参与实验项目、到企业实际体验学习、与专家合作解决问题等方式,体验解决某些职业领域的具体问题,从而对该职业有更深入的了解,以此来培养职业技能、动机和兴趣。

### 注释:

- ① PISA2006中,美国由于试题本中部分阅读试题存在印刷错误,使学生成绩误差超过一个抽样标准误,因而阅读素养数据未收入国内和国际报告。

### 参考文献:

- [1] 范燕瑞. STEM教育研究[D]. 上海:华东师范大学, 2011.
- [2] Green M. Science and engineering degrees: 1966-2004[Z]. Virginia: National Science Foundation, 2007.
- [3] Rodger W. Bybee. What Is STEM Education?[J]. Science, 2010, 27: 996.
- [4] 孔寒冰,朱学彦. 科技人力资源开发探究——美国STEM学科集成战略解读[J]. 高等工程教育研究, 2008, (2): 21-25.
- [5] National Science Foundation. Shaping the Future: Strategies for Revitalizing Undergraduate Education. Proceedings from the National Working Conference (Washington, DC. July 11-13, 1996).[C]. Virginia: National Science Foundation, 1996.
- [6] [10]Breiner J M, Harkness S S, Johnson C C, et al. What Is STEM? A Discussion about Conceptions of STEM in Education and Partnerships.[J]. School Science and Mathematics, 2012, 112(1):3-11.
- [7] Teaching Institute for Excellence in STEM.

- What is STEM Education?[EB/OL]. 2010, <http://www.tiesteach.org/stem-education.aspx>.
- [8] National Commission On Teaching America's Future. What Matters Most: Teaching for America's Future. Report of the National Commission on Teaching & America's Future. [M]. New York, National Commission on Teaching & America's Future, 1996.
- [9] Becker K H, Park K. Integrative Approaches among Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Subjects on Students' Learning: A Meta-Analysis. [J]. Journal of STEM Education: Innovations and Research, 2011, 12(5-6):23-37.
- [11] [14][22][29][30]National Research Council of the National Academies. Successful K-12 STEM education: identifying effective approaches in science, technology, engineering, and mathematics[M]. Washington, D.C.: National Academies Press, 2011.
- [12] 赵中建. STEM: 美国教育战略的重中之重 [J]. 上海教育, 2012, (11):16-19.
- [13] [20][31]Mayumi Ishikawa, Shota Fujii, Ashlyn Moehle. Consultant Report, Securing Australia's Future. [M]. Sydney: Australian Council of Learned Academies. 2013.
- [15] 占盛丽, 文剑冰, 朱小虎. 全球化背景下 PISA 在美国基础教育质量评估体系中的贡献——基于美国 PISA 与 NEAP 的比较 [J]. 外国中小学教育, 2010, (5): 1-6.
- [16] [34]Hausamann, D. MINT Talent Support in School Labs - New Perspectives for Gifted Youth and for Teachers of the Gifted. [J]. Ziegler, A. u. a. (Hrsg.): Gifted Education as a Lifelong Challenge. Berlin u. a., S. 2012. 201-217.
- [17] [19]W. Bertelsmann Verlag, Hauke Sturm Design. Perspektive MINT——Wegweiser für MINT-Förderung und Karrieren in Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik. Bundesministerium für Bildung und Forschung. [M]. 2012.
- [18] Lacey T A, Wright B. Employment Outlook: 2008-18-Occupational Employment Projections to 2018[J]. Monthly Lab. Rev., 2009, 132:82.
- [21] Council N R. National science education standards[M]. Washington, D.C.: National Academy Press, 1996.
- [23] W. Bertelsmann Verlag, Hauke Sturm Design. Perspektive MINT——Wegweiser für MINT-Förderung und Karrieren in Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik. Bundesministerium für Bildung und Forschung. [M]. Berlin: Bundesministerium Für Bildung Und Forschung. 2012.
- [24] OECD. Germany--Country Note--Education at a Glance 2013: OECD Indicators. [R]. OECD. 2014
- [25] Lohmar B, Eckhardt T. The Education System in the Federal Republic of Germany 2011/2012. [C]. Bonn: Secretariat of the Standing Conference of the Ministers of Education and Cultural Affairs of the Lander in the Federal Republic of Germany. 2013.
- [26] Kitazawa, Koichi, Kagaku Gijutsu wa Nihon o Sukuu noka: 'Dai Yon no Kachi' o Mezashite [Can Science and Technology Save Japan? : Toward the creation of the 'forth value']. [M]. Tokyo: Discover Twenty-One (in Japanese). 2010.
- [27] White House Office of Science and Technology Policy. Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Education in the 2015 Budget. [L]. Washington, D.C.: White House Office of Science and Technology Policy. 2014.
- [28] Governor's STEM Advisory Council. Greatness STEMs From Iowans 2013-2014. [M]. Iowa: Governor's STEM Advisory Council. 2014.
- [32] University Communication and Marketing. Japanese contingent visits UI to study STEM initiative[EB/OL] (2014.02.07). <http://now.uiowa.edu/2014/02/japanese-contingent-visits-ui-study-stem-initiative>.
- [33] TOMODACHI. TOMODACHI Initiative Request for Grant Proposals STEM Education Exchange Program. [EB/OL] (2014.11). <http://>

- usjapantomodachi.org/wp/wp-content/uploads/2014/10/TOMODACHI-STEM-Program-RFP.pdf
- [35] BASF. BASF and Education. [EB/OL]. [2015.04]. <http://www.standort-ludwigshafen.basf.de/group/corporate/site-ludwigshafen/en/about-basf/worldwide/europe/Ludwigshafen/Education/index>.
- [36] 张丽芳, 钟柏昌. 美国STEM教育变革中“变革方程”的作用及其启示 [J]. 北京: 中国电化教育, 2014, (4): 18-24.
- [37] 丁杰, 蔡苏, 江丰光, 余胜泉. 科学、技术、工程和数学教育创新与跨学科研究——第二届STEM国际教育大会评述 [J]. 开放教育研究, 2013, (2): 41-48.
- [38] 吴俊杰, 梁森山. Ledong Scratch 互动教学平台的应用与研究(七)——基于自制光敏扫描仪谈STEM教育 [J]. 实验方法与实验设计, 2011, 27 (7): 8-12.
- [39] 上海科学技术协会. 上海STEM云中心上线运行. [EB/OL]. [2014-08-22]. <http://www.cast.org.cn/n35081/n35563/n38740/15856455.html>.
- [40] 吴春伟. 学生职业体验日人气爆棚活动加场, 主角为小学生. [EB/OL]. 东方网. [2015-04-20]. <http://sh.eastday.com/m/20150420/u1a8675367.html>.

## Comparative Study on STEM education of primary and secondary schools in America, Germany and Japan

YANG Yaping

**Abstract:** STEM education has been attracting the attention around the world since it promoted to the national strategic position by the government of America. By comparing the STEM education of primary and secondary schools from the background, goal and implementation in America, Germany and Japan, We find all three countries regard the STEM education as a new direction of educational reformation in 21st century, and try to localize it. German still highlights the perfect system of vocational education and lifelong education idea in STEM education, while Japanese shows its strong basic science research ability.

**Keywords:** STEM education; primary and secondary school; comparative study