

美国《科学与工程指标》中的中小学数学和科学教育研究及启示

李 娟^{1,2*} 陈 玲¹ 李秀菊¹

(中国科普研究所, 北京 100081)¹

(中国科学院科技政策与管理科学研究所, 北京 100190)²

[摘 要] 科学教育是提高公民科学素质、建设创新型国家、提高国家核心竞争力的重要渠道。本文分析了1996—2016年间出版的美国《科学与工程指标》(共11期)中反映中小学数学和科学教育的指标,研究了美国中小学数学和科学教育的关注重点、指标构建以及重要指标的数据来源。对于我国中小学数学和科学教育的启示在于: 中小学科学教育应该加强对科学学科的重视程度, 加强科学教师队伍的建设; 要建立对我国中小学数学和科学教育质量的长期持续且全国范围内的监测体系; 建立定期发布我国中小学数学和科学教育质量报告的制度。

[关键词] 科学与工程指标 中小学 数学和科学教育

[中图分类号] N4 **[文献标识码]** A **[DOI]** 10.19293/j.cnki.1673-8357.2017.01.009

《“十三五”国家科技创新规划》中提出的具体指标之一是“到2020年公民具备科学素质的比例超过10%”^[1]。中小学生的未来,是公民科学素质提高的关键人群。在中小学教育阶段,数学和科学一直是重要的学科。数学对培养学生思维能力、创新能力,促进学生全面发展和终身可持续发展方面具有不可替代的重要作用。科学教育是一种传授科学知识、培养科学精神、提高科学素养的教育^[2]。中小学教育阶段是数学和科学素养形成的关键期,世界各国都十分重视数学和科学教育,力促教育质量的提升。

《科学与工程指标》(Science & Engineering

Indicators)是受美国国会委托,由美国国家科学基金会(NSF)组织撰写,自1970年开始每2年出版1期,它是科技综合分析评价报告。该报告向美国总统和国会汇报国家的科学和工程发展水平,并与其他国家和地区进行综合比较,为美国保持科技创新、提升竞争力提供决策参考。中小学数学和科学教育在美国的《科学与工程指标》中占有重要的位置。历年的科工指标报告都会把中小学数学和科学教育部分放在第一章,对美国中小学数学和科学教育的发展状况进行综合分析^[3]。本文力图在分析和研究历年来《科学与工程指标》中的中小学数学和科学教育的关注重点、具体指标以及重

收稿日期: 2016-11-21

* 通信作者: E-mail: happylj_2008@163.com。

要指标数据来源的基础上，提出促进我国中小学数学和科学教育质量提升的启示。

1 美国《科学与工程指标》的中小学数学与科学教育的分析结果

1.1 中小学数学和科学教育的关注重点

1996—2016年美国《科学与工程指标》的中小学数学和科学教育的研究主题如表1所示。1996、1998和2000年的科工指标主要包括：学生学业成就、高中的课程与教学、教师的教学。2002年的主题较之前多了内容标准和各个州范围内的评价、教学技术、向高等教

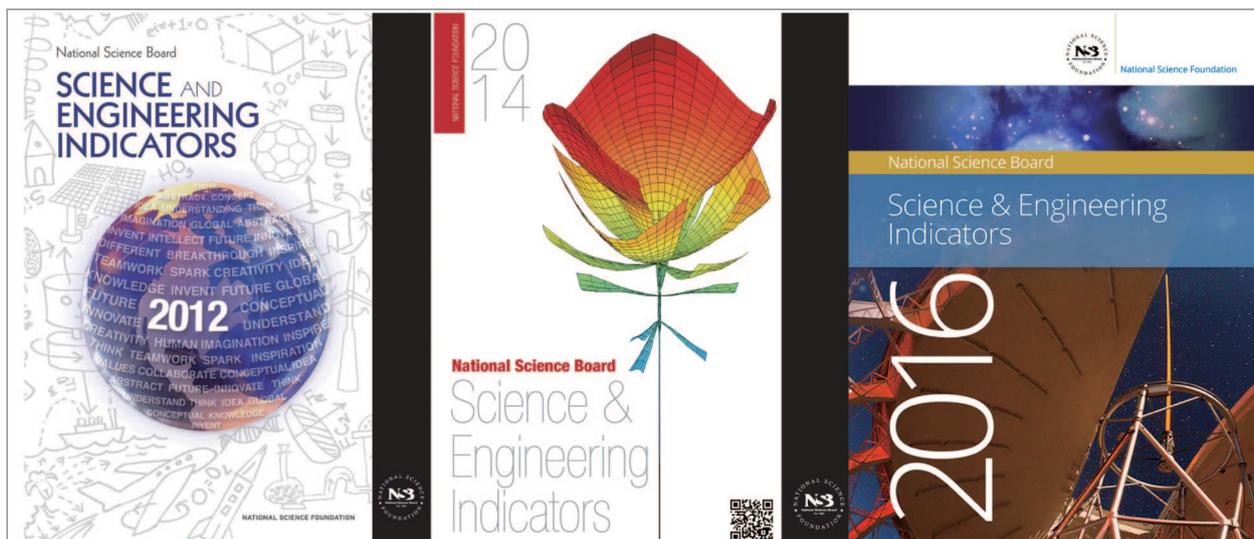


图1 美国《科工指标》2012、2014、2016封面

育过渡三项。2004年与2002年基本一致，学生学业成就的表达变成了学生在数学和科学中的学习。2006年之后进入稳定阶段，将之前的主题归类总结为五类：学生在数学和科学中的学习、学生在数学和科学课程中的选修、数学与科学教师、教育中的教学技术和向高等教育过渡。2008年和2012年包括了除教学技术以外的其他四个方面，2010年则报告了除

课程选修之外的四个主题。2014和2016年两期的科工指标中仍然研究了2006年的五个主题，只是将教育中的教学技术转变成教学技术与数字化学习。这主要是由于2010年美国教育部发布了题为《变革美国教育：技术推动学习》的第四个国家教育技术计划^[4]，呼吁在整个教育体制中采用先进技术，改善学生的学习情况，加速实施有效实践，使学校能够根据数

表1 中小学数学和科学教育的研究主题

科工指标版本	研究主题
1996和1998年	学生学业成就、课程与教学、教师的教学
2000年	学生学业成就、课程与教学（将教师情况包含在此主题下）
2002和2004年	我们的学生在数学和科学中的表现如何、数学和科学课程、内容标准和州范围内的评价、课程和教学、教师情况、学校中的教学技术、向高等教育过渡
2006年	学生在数学和科学中的学习、学生在数学和科学课程中的选修、数学与科学教师、教育中的教学技术和向高等教育过渡
2008年	学生在数学和科学中的学习、课程标准和选修、数学与科学教师、向高等教育过渡
2010年	学生在数学和科学中的学习、数学与科学教师、教育中的教学技术、向高等教育过渡
2012年	学生在数学和科学中的学习、高中生的数学和科学选修、数学与科学教师向高等教育过渡
2014和2016年	学生在数学和科学中的学习、学生在数学和科学课程中的选修、数学与科学教师、教育中的教学技术、向高等教育过渡

据和信息进行持续改善。

由此我们可以看出，科工指标对中小学数学和科学教育的关注重点随着时代的变化而不断更新，由最初的三个主题变成 20 年之后的五大主题：学生在数学和科学中的学习、学生在数学和科学课程中的选修、数学与科学教师、教育中的教学技术、向高等教育过渡。学生的学习表现反映了数学与科学教育的实际效果，是直接反映教育水平的一大主题。选修课是从学生的兴趣爱好出发，加深学生知识的深度，拓宽学生知识的广度，发展学生才能，发现学生潜能，增加与社会生活的联系，由学生自主选择的一种课程^[5]。选修课程的开设有

助于学生的个人才能的发展，可以达到基本教育与个性教育“双赢”的目的。教师和教学条件是提升教育质量的保障。高中与大学之间做好良好的衔接和过渡，有助于大学新生更好地适应大学环境。

1.2 中小学数学和科学教育各主题的具体指标

《科学与工程指标》的中小学数学和科学教育部分从 2010 年开始给出具体指标，各主题的具体指标如表 2 所示^[6]。纵观 2010—2016 年共 4 期的具体指标，不难发现每期框架内容是一致的，然而根据当年所掌握的具体数据会稍有改变。

学生在数学和科学中的学习表现主要包

表 2 各主题的具体指标

主题	具体指标	《科工指标》版本
学生在数学和科学中的学习表现	1. 幼儿园学生的数学和科学表现	2014 和 2016 年
	2. 四年级和八年级学生数学成绩和趋势	2010、12、14、16 年
	3. 九年级和十一年级学生的几何成绩	2012 和 2016 年
	4. 四年级和八年级学生数学和科学成绩的国际比较	2010 和 2014 年
	5. 15 岁学生的数学和科学素养的国际比较	2012 和 2016 年
学生在数学和科学课程中的选修	1. 高中毕业要求和课程标准	2012 年
	2. 高中毕业生数学和科学课程完成率的趋势	2012 年
	3. 九年级学生数学和科学选修的最高水平	2014 和 2016 年
	4. 大学预修课程考试的参加和表现趋势	2014 和 2016 年
	5. 2012 年高校提供的大学预修数学和科学课程	2014 年
数学与科学教师	1. 数学和科学教师的学位、经验、认证和素材的准备	2010、12、14、16 年
	2. 数学和科学教师的专业发展	2010、12、14、16 年
	3. 2012 年数学和科学教师的工作条件	2010、12、14、16 年
	4. 教师的工资	2010、12、16 年
	5. 公立学校教师的离职率	2012、2014 年
教学技术与数字化学习	1. 计算机和网络接入情况	2010 年
	2. 八年级学生的计算机和网络使用情况	2010 年
	3. 远程教育	2010 年
	4. 新兴政策、实践以及教学技术和远程教育对学生学习影响	2014 和 2016 年
向高等教育过渡	1. 高中生毕业率的变化趋势	2010、12、14、16 年
	2. 数学和科学大学预修课程的选修和测试表现	2010 年
	3. 中学生毕业率的国际比较	2010、12、14、16 年
	4. 大学入学情况	2010、12、14、16 年
	5. 2003—2004 年间高等教育机构学生的补修课程	2014 年
	6. 大学入学率的国际比较	2010、12、14、16 年

括学生的数学表现、科学表现和国际比较三个指标。美国的科学课程是从幼儿园到十二年级全都开设的课程，2014 和 2016 年的具体指标新增了幼儿园学生的数学和科学表现，美国在幼儿园时期已经开始有了数学和科学表现的测量。国际比较部分，2010 和 2014 年研究的是

四年级和八年级的数学和科学表现，而 2012 和 2016 年研究的是年龄 15 岁学生的数学和科学素养，这主要是根据当年所得到的国际数学和科学趋势研究项目（TIMSS）^[7] 和国际学生评估项目（PISA）^[8] 的数据所决定的。学生在数学和科学课程中的选修主要包含了高中毕

业要求和课程标准、数学和科学的选修开设情况和大学预修课程情况三个具体指标。美国高中选修课的一个课程特点是不断发展课程,以求与不断变化的社会相适应,另一个课程特点就是注重对学生生活技能的培养,开设各种学习技能课^[9]。数学和科学教师的具体指标从2010—2016年都包含了教师的学位、经验、认证和对素材的准备,以及教师专业发展和工作条件几个部分,可见美国对数学和科学教师的重视程度之高。数字化教学和教学技术主题部分在2010年包含了一些基本的情况,比如

计算机和网络接入和使用情况以及远程教育,随着时代的进步,此部分不断介绍一些新兴政策和技术。向高等教育过渡部分包含的具体指标比较集中,主要包括:高中毕业率的变化、中学生毕业率的国际比较、大学入学情况和入学率的国际比较。

1.3 中小学数学和科学教育的具体数据来源

科工指标中的数据来源于一些比较成熟的全国性或国际性的评价项目。以2014年科工指标为例^[10],分析美国中小学数学和科学教育的数据来源,如表3所示。

表3 中小学数学和科学教育具体指标(科工指标2014)和数据来源

主题	具体指标	数据来源
学生在数学和科学中的学习表现	1.2010—2011 学年幼儿园学生的数学和科学表现	1: 2010 至 2011 年幼儿班幼儿教育纵向研究 (ECLS-K: 2011) ^[11]
	2. 从 1990 到 2011 年四年级和八年级学生数学成绩的趋势	2-3: 国家教育进展评估 (NAEP) (1969 年开始) ^[12]
	3. 在 2009 和 2011 年八年级学生的科学成绩	4: 国际数学和科学趋势研究项目 (TIMSS) ^[7]
	4.2011 年四年级和八年级学生数学和科学成绩的国际比较	
学生在数学和科学课程中的选修	1.2009 年九年级学生数学和科学选修的最高水平	2009 年高校纵向研究和美国大学理事会的 AP 项目: (HSLS:09) and the College Board's AP program
	2. 从 2002 到 2012 年大学预修课程考试的参加和表现趋势	
	3.2012 年高校提供的大学预修数学和科学课程	
数学与科学教师	1.2012 年数学和科学教师的经验、认证和素材的准备	1-3: 2012 年全国科学和数学调查 (NSSME2012)
	2.2012 年数学和科学教师的专业发展	
	3.2012 年数学和科学教师的工作条件	4: 美国教育部的初任教师的纵向研究。Beginning Teacher Longitudinal Study (BTLS)
	4.2007—2008 学年到 2009—2010 学年之间公立学校教师的离职率	
教学技术与数字化学习	新兴政策、实践以及教学技术和远程教育对学生学习影响的定义和评论	由于缺少具有国家代表性的数据,此部分主要来源于文献综述
向高等教育过渡	1. 从 2006 到 2010 年间高中生毕业率的变化趋势	
	2.2010 年中学生毕业率的国际比较	1、3: 2012 年美国教育部要求所有州对学生数据进行统计, 50 个州参加
	3.1975—2011 年大学入学情况	2、5: 教育概览 2012: OECD 指标 ^[13]
	4.2003—2004 年间高等教育机构学生的补修课程	
	5.2010 年大学入学率的国际比较	

由表3中我们可以看出中小学数学和科学教育研究的数据主要来自美国的各项研究项目,这些数据由美国国家科学与工程统计中心负责收集和分析。在学生的数学和科学学习表现中,学生成绩的数据主要来自美国国家教育进步评价(NAEP),NAEP又称为美国国家成绩单。学生成绩的国际对比数据主要来自每一届的TIMSS和PISA,2014年没有新的PISA数据,所以只分析了TIMSS的国际排名。学生在数学和科学课程中的选修的数据主要来自高

校纵向研究和美国大学理事会的大学选修课程项目(AP)。数学和科学教师的数据主要来自2012年全国科学和数学调查(NSSME2012),而教师的离职率主要来自美国教育部的初任教师的纵向研究。同时我们也发现,在教学技术与数字化学习这个主题中由于缺少具有国家代表性的数据,此部分内容主要来源于文献综述。向高等教育过渡这部分数据主要来源于美国教育部的数据统计和《教育概览2012:OECD指标》。根据具体指标和数据来源可以看出,2014

年的科工指标报告分析了 2009、2010、2011 和 2012 年的数据，同样其他期的报告也都包含了近年来的数据。由此可以看出，每期科工指标报告的数据来源于能够得到的近年来的具有全国代表性的数据。

2 对我国中小学科学教育的启示

美国《科学与工程指标》中的中小学数学和科学教育指标的关注重点、具体指标构建以及重要指标的数据来源，给我们带来许多思考，同时给我国的科学教育带来一些启示。在应试教育的大环境下，我国应该加强对科学学科的重视程度、加强科学教师队伍建设，我国要建立大规模持续性的科学教育质量测评体系，建立定期发布中小学数学和科学教育质量报告的制度。

2.1 加强对科学学科的重视程度

目前，我国中小学阶段的科学课程属于“副科”，没有受到应有的重视。科学在美国与阅读、数学处于并列的位置，都属于核心课程。我国也应该将科学课程列为与语文、数学等科目同等重要的核心课程。在课时安排、考试评价以及教师培养等方面都给予核心课程的重视。我国的科学教育在小学包括科学课、劳技课和信息课等，中学阶段包括物理、化学、生物和地理，一直处于分科阶段，然而美国从 20 世纪 60 年代的课程改革以来，科学教育已经呈现整合的趋势，如今的 STEM（科学、技术、工程、数学）教育理念的推广，更说明了这种大科学教育的发展趋势，我国也应该重视各科学课程的有效整合，形成大科学学科。同时也应该重视中小学的科学选修课，以拓宽学生知识的广度、加深知识的深度，提高学生的生活技能。

2.2 加强对科学教师队伍的建设

美国《科学与工程指标》中，每期都有对科学教师情况的分析，可见美国对科学教师的重视程度，我国也应该加大对科学教师的重

视。一是小学科学教师应该专职化。唐琬晴等人对湖南省 55 所小学进行调查发现，专职的科学教师非常少，而且兼职教师绝大多数是非理科专业背景^[14]。二是应该加强科学教师的培养。我国虽然有很多大学和专科院校开设了科学教育专业，但大多数只是设立在某一理科院系里^[15]，没有综合的科学教育专业，综合型科学教师的培养有待加强。三是科学教师应该转变教学方式。科学教师不应该局限于传统的讲授法和练习法，要不断落实课程改革的理念，创新教学方式，重视对学生探究能力和思维的培养。四是科学教师应该充分利用现代化的教学技术和教学资源，使得科学课更加形象生动，提高学生的科学兴趣。

2.3 建立大规模持续性的基础教育质量监测体系

随着国际竞争的日益激烈，各国政府都开始重视基础教育质量，以科学的评价体系来监测基础教育质量，从而更好地为教育决策服务已经成为当今世界教育改革发展的一大趋势。20 世纪 60 年代美国建立了全国教育进展评价体系（NAEP），还有英国的国家课程测验（SATS）、日本的全国学历考试以及澳大利亚新近推出的国家评价计划（NAP）等，都是通过开展大规模教育评价项目，来监测本国的基础教育质量。而在中国缺少对学生成绩的统一评价，各省市考试命题不一，无法在全国范围内进行分析比较。我国 2010 年颁布的《国家中长期教育改革和发展规划纲要（2010—2020 年）》中将基础教育质量监测和评价提高到了前所未有的高度^[16]，基础教育质量监测正从教育舞台的边缘走向中心。目前我国进行基础教育质量评价的部门主要有教育部基础教育质量监测中心、北京师范大学中国基础教育质量监测协同创新中心和教育部基础课程教材发展中心评价处这几个部门，但仍然缺少长期的且具有全国代表性的教育评价体系。我们很难找到对我国学生学业评价长期的且具有全国代表

性的数据和报告。希望各个相关部门能够有效合作,开展长期有效的、具有全国代表性、可以进行国际比较的学生学业评价项目,并且数据报告可以公开化,可供其他相关部门参考。

2.4 建立定期发布我国中小学数学和科学教育质量报告的制度

目前,我们国家还未有反映中小学科学教育具体情况的指标体系和研究报告,我国应该建立定期发布中小学数学和科学教育质量报

告的制度,规定相关部门定期向国家和社会发布中小学数学和科学教育质量报告。这样有助于及时掌握国家中小学数学和科学教育的整体情况,有助于中小学数学和科学教育质量的提升。作为研究者的我们应该结合时代的特点和教育的规律,明确科学教育应关注的重点问题,解构问题,结合现有指标体系,补充开发新的指标体系,综合分析我国中小学数学和科学教育质量状况。

参考文献

- [1] 国务院. 国务院关于印发“十三五”国家科技创新规划的通知 [EB/OL]. (2016-07-28) [2016-11-10]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2016-08/08/content_5098072.htm.
- [2] 王世存, 王后雄. 国际科学教育发展: 路径、问题与对策 [J]. 教育科学研究, 2011(10): 73-76.
- [3] National Science Board. Science & Engineering Indicators (1996-2016) [DB/OL]. [2016-11-10]. <https://www.nsf.gov/statistics/seind/>.
- [4] National Education Technology Plan 2010 [DB/OL]. [2016-11-10]. <http://www.ed.gov/technology/netp-2010>.
- [5] 贾晓琳. 普通高中选修课程实施的个案研究 [D]. 长春: 东北师范大学, 2014.
- [6] National Science Board. Science & Engineering Indicators 2010-2016 [DB/OL]. [2016-11-11]. <https://www.nsf.gov/statistics/seind/>.
- [7] Trends in International Mathematics and Science Study (TIMSS) [DB/OL]. [2016-11-11]. <http://nces.ed.gov/timss/>.
- [8] The Programme for International Student Assessment (PISA) [DB/OL]. [2016-11-11]. <http://www.oecd.org/pisa/>.
- [9] 余艺文. 谈美国中小学选修课的设置 [J]. 课程·教材·教法, 2003(8): 72-74.
- [10] National Science Board. Science & Engineering Indicators 2014 [DB/OL]. [2016-11-11]. <https://www.nsf.gov/statistics/seind14/>.
- [11] Mulligan G M, Hastedt S, McCarroll J C. First-time Kindergartners in 2010-11: First Findings from the Kindergarten Rounds of the Early Childhood Longitudinal Study, Kindergarten Class of 2010-11 (ECLS-K: 2011) [Z]. NCES 2012-049. Washington, DC: National Center for Education Statistics, 2012.
- [12] The National Assessment of Educational Progress (NAEP) [DB/OL]. [2016-11-12]. <http://nces.ed.gov/nationsreportcard/>.
- [13] OECD. Education at A Glance: OECD Indicators 2012 [DB/OL]. [2016-11-12]. <http://www.oecd.org/education/eag2012.htm>.
- [14] 唐琬晴, 王芳, 胡伟. 小学科普资源现状与开发共享对策研究——基于湖南省 55 所小学的问卷调查结果 [J]. 湖南第一师范学院学报, 2014(6): 46-50.
- [15] 丁邦平. 科学教育学科建设三题 [J]. 中国教育学报, 2010(1): 66-69.
- [16] 中华人民共和国教育部. 国家中长期教育改革和发展规划纲要 (2010-2020 年) [Z]. 2010-07-29.

(编辑 袁博)