

新加坡数学课程特色、发展趋向及其启示

金海月 乔雪峰

摘要: 课程标准是课程改革的重要政策窗口。在稳中求进的发展过程中,新加坡教育部于2013年颁布了中小学数学教学大纲,深化了新加坡在中小学数学课程改革方面的成效,对课程内容及教学过程的描述在操作层面上具有重要的指导意义。与大纲修订相应的是对新大纲实施效果的评定。2016年新加坡教育部讨论确定对新大纲实施效果的评定将围绕能力(Competence)、自信(Confidence)、创新(Creative)、批判(Critical)和求知(Curious)(简称5C)进行。这对我国的课程改革,尤其是新近关于核心素养的探讨有很好的借鉴作用。

关键词: 新加坡数学教学大纲;评价;发展路向;核心素养

作者简介: 金海月/南京师范大学教育科学学院讲师,博士(南京 210097)

乔雪峰/南京师范大学教育科学学院讲师,博士(南京 210097)

基于在国际数学与科学研究(TIMSS)中的出色表现,新加坡的数学教育长期以来一直受到全球各国的瞩目,其稳定且具有自身特色的数学课程体系亦是教育界讨论和关注的焦点。目前,新加坡正在施行的是其教育部于2013年颁布的中小学数学教学大纲(下文简称“新大纲”)。^[1]新大纲以逐年方式推进,这意味着2016年新加坡迎来基于新大纲的第一次O-水平考试,而基于新大纲的第一次小学离校考试(PSLE)也将在2018年进行。新大纲,以及新近关于其实施效果评定的研讨,不仅是新加坡持续开展课程改革的指引,同时也是全球数学教育界重要的导向性政策文本。鉴于此,本文从新加坡数学教育体系出发,通过对新大纲的文本分析,结合评定新大纲实施效果的5C框架,挖掘新加坡中小学数学课程的发展路向,并期望从中获得对我国课程改革的启示。

一、新加坡数学教育体系

关于新加坡的数学教育体系,我国多位学者曾做过较为详细的介绍与探讨。^{[2][3][4]}例如,孔企平^[5]分析了新加坡小学数学课程的特色;吴颖康^[6]从课程的历史演变、教学大纲以及教材等方面主要介绍了新加坡中学数学的课程;吴立宝、曹一鸣,^[7]王林、黄为良^[8]等人则从比较研究的角度对比了数学课程内容分布及新加坡数学课程评价改革与其他国家的异同。总体而言,新加坡数学教育体系主

要以学生分流制度、稳固的课程框架而著称。

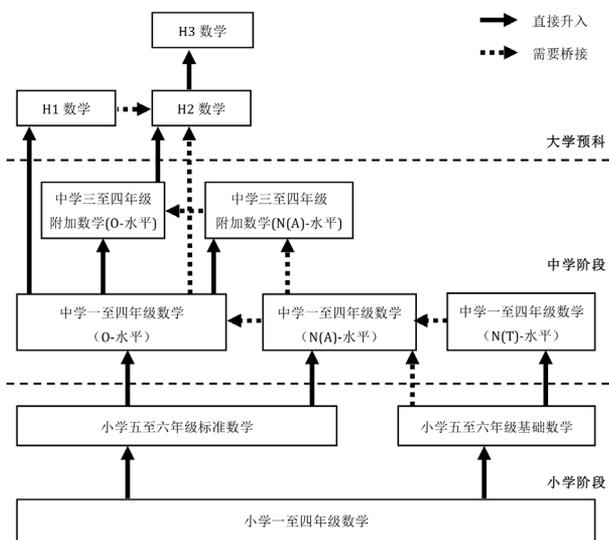
(一)学生分流制度

新加坡的教育采用分流制度,旨在关注学生在学习能力上的差异以及学生进入社会后的不同需求。其数学教学课程的组成也充分体现了分流的特征。鉴于分流制度的复杂性以及各阶段各层次数学课程的多样性,新加坡首次在2013版教学大纲中将各课程间的相互联系与区别以框架图的形式整体呈现。图1是新加坡小学至大学预科阶段数学课程的分流示意图。

小学阶段的数学课程又可划分为两个学段。第一学段为小学1至4年级,数学课程使用统一的教学大纲。第二学段为5至6年级,数学课程由标准数学和基础数学这两类教学大纲组成。大部分学生学习标准数学,对于一些需要更多学习时间的学生,他们可以选择基础数学。标准数学是1-4年级数学课程的延续,而基础数学则重温了1-4年级数学课程中的一些重要概念及技能。

中学阶段的数学课程由三类数学教学大纲组成。O-水平数学、N(A)-水平数学和N(T)-水平数学为相关课程的学生提供了大教育背景下所需的核心数学知识及技能。O-水平数学教学大纲以标准数学为基础;N(A)-水平数学教学大纲重温了小学标准数学中的部分关键知识;N(T)-水平的数学教学大纲以小学基础数学为基础。

图1 新加坡小学至大学预科阶段数学分流示意图



在中学3-4年级,对数学感兴趣且有意在大学选择数学相关专业的学生可以选修O-水平附加数学或N(A)-水平附加数学。N(A)-水平附加数学的设置是为了在一定程度上简化不同教学大纲间的衔接。图中的虚线箭头,标示在严格分流的基础上允许学生在不同阶段,通过不同的途径进入高级别源流,其基本理念是“人人都应该有机会升学”“让学生通过不同的途径上大学”。

大学预科阶段可以有选择性地学习数学。H1数学以O-水平数学课程为基础,主要面向有意选择商业和社会科学课程的学生。H2数学则假定学生已学习了O-水平附加数学中的部分内容,主要面向有意选择数学、科学和工程专业的学生。H3数学是H2数学的延伸,主要面向学有余力、具有数学天赋且对数学怀有激情的学生。

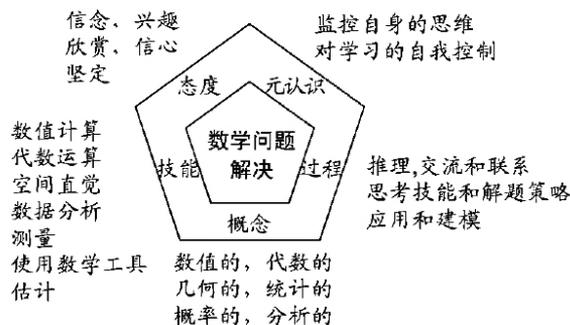
(二)稳固的课程框架

1990年新加坡教育部首次在数学教学大纲中提出了数学课程框架——五边形模型(参见图2)。该五边形模型一直沿用至今,只是不同版本的数学大纲对模型中要素的强调各有侧重。这种稳定性在国际上获得了较高的评价。该框架适用于从小学到大学预科的所有年级,具有较强的延续性,对数学的教、学和评价亦具有重要的导向作用。

数学问题解决是该框架的中心,寓意数学学习的核心是发展数学问题解决的能力。围绕问题解决有五个相对独立但又紧密相关的要素:概念、技能、过程、态度和元认知,旨在以概念与技能为

基础,以过程为媒介,将元认知能力的培养及积极态度的孕育贯穿始终,让学生在经历、体验知识形成的过程中发展数学问题解决能力。对于各要素的具体内容,相关文献已有详细介绍,^{[5][6][9]}在此不作赘述。

图2 新加坡的数学课程框架——五边形模型



二、深化课程改革: 2013 版数学教学大纲的定位

整体而言,新加坡2013版中小学数学教学大纲在课程框架、课程内容、课程编排上基本没有变化,此次修订的重点在于“深化”(Deepening)新加坡在中小学数学课程改革方面的成效:一方面,对教学过程的要求更为明确,强调“学习经验(Learning Experience)”;另一方面,提供了可供教学的手段,即建模(Modelling)。相对2007版教学大纲,2013版教学大纲对课程内容及教学过程的描述显然在操作层面上更具指导意义。

(一)结构性调整

新大纲在结构上进一步发展了2007版大纲的结构框架。2007版中小学数学教学大纲主要由两部分内容构成,第一部分阐释了大纲的宗旨,数学教育的目的以及数学课程的框架结构,第二部分介绍了各年级数学教学的具体内容,并详尽地列出了学习要达到的结果。2013版的中小学数学教学大纲则由四个章节构成。不同阶段、不同层次数学教学大纲的前三章内容统一。

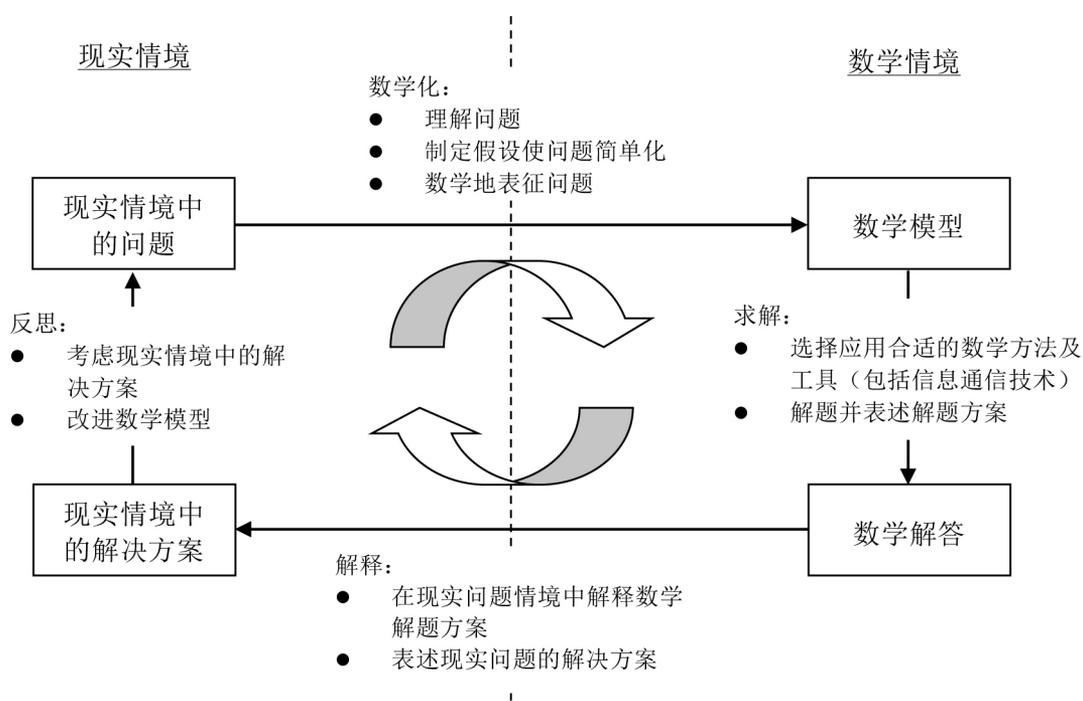
第一章阐述了新教学大纲的背景、推行计划、总体目标以及各阶段、各层次教学大纲的设计。尽管在旧版的数学教学大纲中,不同层次或源流的数学教学大纲也是分开阐释,2013版是首次将各教学大纲间的相互联系与区别以框架图(图1)的形式展示。框架图有助于教师在头脑中形成一个

整体画面,以便其更好地理解每个教学大纲的作用、与高层次教学大纲的联系以及各教学大纲间的依赖关系。教师也会更清楚在自己所执教的水平应该做些什么,更好地规划及指导学生的数学学习。

第二章介绍了数学课程的框架结构并详述了框架结构中概念、技能、过程、态度和元认知这五个要素。与2007版教学大纲相比,2013版教学大纲修订的亮点之一是以图表的形式刻画了数学建模

的过程(Mathematical Modelling Process,见图3),即怎样将数学问题放在一个现实情境中解出来。这个模型是基于一线教师“如果我去教,应该怎么在课堂上教”的考虑,并结合行动研究提炼出来的,侧重于引导教学,不完全等同于我们通常所讲的数学建模竞赛中的“数学建模”。在学校引进数学建模,不仅能够引导教师“问题解决”的教学,更有利于学生建立数学与现实生活的有意义联系,加深理解,进而激发他们学习和探索数学的兴趣。^[10]

图3 数学建模的过程



第三章说明了何为学习经验以及学习经验的重要性,阐述了数学教学的基本原则以及学习不同阶段,并介绍了评价对数学教学中的支撑作用。这是一个全新的章节,但相关的思想和理念在平时教学、师资培训等阶段早已有所渗透。学习经验的阐释为第四章具体学习经验的介绍打下基础。

新大纲强调有效的数学学习应该包括三个阶段:准备(Readiness)、参与(Engagement)和掌握(Mastery)。在学习的准备阶段,教师需要了解学生的先前知识,不同年龄段学生的激励因素,并为学生构建有益的学习环境。在参与阶段,教师可借助三种常用的教学方法构建数学课堂教学。这三种方法是:基于活动的学习(Activity-based

Learning)、教师主导式提问(Teacher-directed Inquiry)以及直接讲授(或称显性教学, Direct Instruction)。掌握是学习的高级阶段,教师可采用积极的练习、反思性复习及扩展性学习等方法帮助学生巩固并扩展所学。

评价是教与学互动过程中不可或缺的一个部分。新加坡的数学教学大纲强调,在传统的纸笔测试之外,还应该探索更多元的评价策略,以服务于不同的教学目标。这与我国2011版义务教育阶段数学课程标准中“建立目标多元、方法多样的评价体系”的理念相一致。

第四章主要以表格的形式分年级分内容列出了数学教学的内容;就每一个具体内容,新大纲详

尽可能地列举了学生应该具备的学习经验。

(二)突出强调学习经验

学习数学不仅仅是学习相关的概念和技能,还包括对认知及元认知过程技能的掌握;而这些都是必须通过精心设计的学习经验来获得。为了影响教师“教”和学生“学”的过程,新加坡2013版数学教学大纲为中小学数学中的具体教学内容配备详细的学习经验要求。这是一项细致而庞大的工作。有关学习经验的描述,新大纲强调“需足够具

体以便于提供指导,但同时也需足够宽泛以确保教师在教学中的灵活性”。以中学1年级O-水平数学教学大纲中函数及其图像的教学内容和学习经验为例(见表1),针对每条教学内容,大纲都相应地描述了学生应该获得的学习经验。例如,教学“笛卡尔二维坐标系”时,大纲建议教师设计相应的游戏(如战舰游戏),让学生在玩游戏的过程中获得“利用二维笛卡尔坐标系来确定点的位置”的学习经验。

表1 2013版数学教学大纲中的教学内容及对应的学习经验举例

内容	学习经验(学生应该有机会:)
函数与图像	
6.1 笛卡尔二维坐标系 6.2 用有序数对表征两个变量间的关系 6.3 一次函数 $y = ax + b$ 6.4 直线的斜率是垂直变化量与相应水平变化量之比	(a) 做游戏,例如战舰游戏,涉及利用二维笛卡尔坐标系确立点的位置。 (b) 利用函数发生器确定输入值和输出值,借此理解函数概念“对于每一个输入值,都有唯一的输出值与之相对应”;能够用文字、列表、图像和代数式表述函数。 (c) 用一次函数表示两个变量间的关系(例如:当速度恒定时,路程和时间的关系),用图像刻画该关系并确定变化率是图像的斜率。 (d) 利用电子表格或画图软件探讨当a或b变化时,函数 $y = ax + b$ 的变化。

新大纲对学习经验的细化对教师有很好的指导作用,有利于教师,尤其是新手教师,准确把握教学的要求,保质保量地完成相关教学任务;另一方面,有利于教师、家长和学生本身对所学内容的评价,具有很强的可操作性,也便于课程评价者准确把握不同层次的数学在教学要求上的度,避免要求过高或过低等不规范现象。

与教学大纲对学习经验的强调相同步,新加坡教育部教师培育部门为教师开展了相关的研修班,教育部内部网站亦为教师提供了丰富的参考资料,以确保新教学大纲的顺利实施。

三、评定新大纲实施效果的5C框架

关于课程实施效果(Attained Curriculum)的评定一直是教育界关注的热点问题。2016年,新加坡迎来了基于2013版新大纲的第一次O-水平(O-Level)考试。此次,新加坡关于新课程实施效果评定的讨论着眼于新信息时代新加坡未来的人才需求,围绕5C进行,具体包括能力(Competence)、自信(Confidence)、创新(Creative)、批判(Critical)和求知(Curious)。

5C并不是一个全新的理念,它是基于数学课程的五边形模型提炼出来的,凸显了课程目标对

图4 新加坡学生21世纪能力和目标框架



社会发展需求的考虑。5C在一定程度上与新加坡教育部所要求的新加坡学生21世纪素养相一致。新加坡教育部认为全球化、不断变化的人口和技术进步是未来发展的关键驱动力,学生必须做好准备去面对这些挑战,并抓住这些改变所带来的机会。为了帮助学生在快速变化的世界中茁壮成长,新加坡教育部于2014年4月1日发布了《新加坡学生21世纪技能和目标框架》(见图4)。该框架包

括三个层次:价值观(Values)居于核心层,它被认为是知识与能力的基础,中间层为社交和情绪技能(Social and Emotional Competencies),第三层为公民素养、全球化意识和跨文化交际技能,批判性和创新性思维,交流、合作和处理信息的能力等在内的全球化技能(Competencies for the 21st Century)。其最终目的概括在框架外侧,即培养自信的个体、自主的学习者、有担当的公民和积极的贡献者,^[11]这些是教育者期望每个新加坡人在完成正规教育后拥有的品性。

21世纪素养提出后,新加坡数学教育界多位学者从理论结合实践案例的角度探讨了在数学课堂中如何发展学生的21世纪素养,逐渐明晰了5C的要求。^[12]5C中,前3C——能力、自信、创新——关注“学习(Learning)”,要求学生在掌握基础知识与基本技能的同时,能够积极地进行自我评价,自信地表达见解,并具备一定的创新能力,这是对每个学习者的基本要求。批判和求知则在前3C的基础上更进一步,关注学生的“主动学习(Active learning)”,要求学生能够批判性地思考和进行有说服力的交流,要求他们不完全依赖教师,能够自主地学习,探索新知,追求卓越。5C的层次划分与新加坡分流教育的理念一致。

当然,学校教育不能完全覆盖21世纪所需的所有技能,5C亦不能涵括学校教育所期望的教学成果(Desired Outcome of Education,简称DOE)的所有方面。5C关注的是学校教学成果的核心内容,在这一点上,与我国提出的核心素养相似,强调核心而非面面俱到。

四、新加坡课程变革对我国中小学数学课程的启示

从新加坡2013版中小学数学教学大纲的修订到新近关于新大纲实施效果评定的讨论,不难看出,新加坡的数学课程在今后一段时间仍会延续稳中求进的态势,将发展的重点放在对课程结构、教学方法、效果评定等的优化及细致打磨上,这对我国的数学课程改革的相关工作同样具有启发意义。

我国的数学课程有着自身的优势,如课程内容比较系统,重视数学理论,注重“双基”(基础知识和基本技能)等。然而,随着时代的发展,我国的数学课程在改革及实施的过程中无可避免地出现了一系列问题,例如:课程标准层面对学生个体差

异的考虑有待细化,学习评价机制较为单一,教育理论与实践相脱节,一线教师对课程标准中新理念的贯彻存在形式化的倾向等。鉴于新加坡课程改革推进的做法,以下几个方面值得我们思考:

(一)创建灵活多样的数学课程

新加坡自1979年以来实施差异化教学大纲,其目的是为每个孩子提供最适合他/她的教育。经过多年的实践,新加坡现行分流机制下各层级数学教学大纲间的衔接更为灵活,能够较好地满足学生不同的学习能力、兴趣及需求。我国是一个幅员广阔、多民族的国家,且各地区之间经济发展差异较大,统一的课程标准以及单一的评价体制之下,依靠选修课程的设置以及教师的“因材施教”很难切实实现“人人都能获得良好的数学教育,不同的人在数学上得到不同的发展”的课程理念。我国能否突破传统,实施区别化的课程标准?这仍然是一个值得深思和探讨的问题。

(二)注重教学过程,强调学习经验

“对数学学习的评价要关注学生学习的结果,更要关注他们学习的过程”,这是我国全日制义务教育数学课程标准中提出的要求。学习知识与技能的结果易于评价,但学习的过程如何评价仍然是一个值得商榷的问题。虽然“课堂观察”“成长记录袋”“作业分析”“数学日记”等评价方法早有提及,^{[13][14]}但至今仍然未被一线教师广泛采纳。此次新加坡数学教学大纲的修订对我国“如何有效地监测和保障学生学习的过程”有操作层面上的指导意义:即“关注教学过程,强调学习经验”,从教学的发生即对学生学习的过程进行干预,而非等到评价的反馈信息后再对教学做出弥补或调整。

(三)教育理论与教学实践的有效融合

新加坡2013版数学教学大纲明确了课堂教学中数学建模的过程,强调从现实情境中提炼出数学模型,利用数学方法加以解决,再回归现实情境解释解题方案。“数学建模”的提出与应用是教育理论与实践有效衔接的一个典型。在新大纲正式颁布之前,新加坡就已经在尝试数学建模的教学,通过一系列既有数学教育研究者也有一线数学教师参与的工作坊(Workshop)和行动研究,在完善相关理论的同时亦帮助一线教师熟悉并掌握数学建模在课堂教学中的应用。新加坡的数学建模的过程与我国吕传汉教授等提出的“情境-问

题”教学模式有类似之处,^[15]都受到弗赖登塔尔“现实数学教育”理念的影响。我国中小学数学课堂教学中也不乏数学建模的例子,例如“列方程解应用题”这类“迷你型”问题,但未能在一定高度上加以系统化。数学建模的过程涉及“情境教学”“问题提出”“问题解决”“去情境化”等热点问题。这些问题的研究和探讨在我国大多还停留在理论研究或教学实验的层面。新加坡重视教育研究,并将相关研究成果从理论、科研过渡到教学、实践的经验值得借鉴。

(四)超越三维目标,关注核心素养

此次,新加坡对新大纲实施效果的评定关注5C,从传统评价聚焦的概念(Concepts)、技能(Skills)、过程(Processes)、态度(Attitudes)与元认知(Meta-cognition)这五个方面提升到了素养层面。这与我国教育研究与实践领域对“核心素养”的关注相一致。

我国在2001年的《义务教育阶段数学课程标准(实验稿)》中正式提出数学课程的“三维目标”,即知识与技能、过程与方法、情感态度价值观。相较于之前的“双基”,三维目标在质与量上都有了实质进步,突破了传统的“一维(双基)”,强调“三维”的整合与系统的学科学习;而核心素养是指“学生应具备的、能够适应终身发展和社会发展需要的必备品格和关键能力”,体现了从学科本位到以人为本的转变。^[16]由此可见,核心素养是对双基和三维目标的传承与超越。近几年来,关于核心素养的探讨是教育领域的热点。如何从理论研究落实到教学实践,这离不开对学科教学设计及与之相匹配的评价的探索与实践。新加坡数学教育研究者就如何在数学课堂中发展学生的21世纪素养的实践案例,以及关注新大纲实施效果的5C框架的提出与实施是一个示例,对我国研究核心素养的后续发展路向有很好的借鉴作用。

(新加坡南洋理工大学李秉彝教授为本文的撰写提供了丰富的参考资料。作者衷心感谢他给予的大力支持与热情帮助。)

参考文献:

- [1] Ministry of Education, Singapore. Mathematics syllabus, available from <https://www.moe.gov.sg/education/syllabuses/sciences/>, 2013.
- [2] 曹一鸣主编. 十三国数学课程标准评介(小学、初中卷)[M]. 北京:北京师范大学出版社,2012.
- [3] 林莉芸,符旭涛. 解读新加坡2006年新“A”及课程[J]. 上海教育科研,2005,(12):23-24.
- [4] 宁连华,崔黎华,金海月. 新加坡高中数学课程标准评介[J]. 数学教育学报,2013,22(4):1-5.
- [5] 孔企平. 对新加坡小学数学课程特色的分析[J]. 课程·教材·教法,2006,(12):80-84.
- [6] 吴颖康. 新加坡的数学课程[J]. 中学数学月刊,2006,(12),5-7.
- [7] 吴立宝,曹一鸣. 初中数学课程内容分布的国际比较研究[J]. 教育学报,2013,(4):29-36.
- [8] 王林,黄为良. 美国、日本、新加坡小学数学课程评价改革的主要特点及启示[J]. 江苏教育研究,2012,(04A):52-57.
- [9] 张晓贵. 从新加坡数学课程的五边形谈起[J]. 数学教学通讯,2006,(2):1-4.
- [10] Seto, C., Thomas, M. M., Ng, K. E., Chan, C. M., & Widjaja, W. 新加坡小学课程中的数学建模:一名教师的视角(Mathematical modelling for Singapore primary classrooms: from a teacher's lens), 第35届澳大利亚数学教育研究年会,新加坡,2012.
- [11] 刘菁菁编译. 新加坡发布学生21世纪技能和目标框架[J]. 世界教育信息,2014,(8):72.
- [12] Toh, P. C. & Kaur, B. (Eds.). Developing 21st century competencies in the mathematics classroom [M]. Singapore: World Scientific. 2016.
- [13] 林婷. 对中学生数学学习过程评价的思考[J]. 教学研究,2006,(2):21-23.
- [14] 王富英. 新课程理念下中学数学学习过程评价的探究[J]. 数学教育学报,2003,(11):31-35.

(下转第73页)

- [45] McDermott, L. C. Oersted Medal Lecture 2001: Physics Education Research—the Key to Student Learning[J]. American Journal of Physics, 2001(11), 1127-1137.

Reflection on Current High School Science Teaching Staff and Curriculum Implementation in USA

JIANG Tao CAI Peiyang ZHANG Li

Abstract: As far as teaching staff is concerned, the fifth national survey of science and mathematics education in USA shows that this group has proper age structure, but deficiency in their college course studies and professional development. When it comes to curriculum implementation, it shows diversified curriculum provisions, solid evaluation on student's learning, insufficient utilization of textbook, and unsubstantial ability of differentiated teaching. Reflections have been made in following aspects: teacher preparation belief is disjointed with K-12 education practice, certification testing and recruitment policy is deviated from school development vision, and investment on professional development is inconsistent with people-oriented method.

Keywords: USA; high school biology; high school chemistry; high school physics; teacher education

(上接第 66 页)

- [15] 吕传汉,汪秉彝. 中小学“数学情境与提出问题”教学的理论基础及实施策略[J]. 贵州师范大学学报(自然科学版),2007,(2): 95-100.
- [16] 余文森. 从三维目标走向核心素养[J]. 华东师范大学学报(教育科学版),2016,(1): 11-13.

Analysis on the Characteristics of Singapore's Primary and Secondary Mathematics Syllabus

JIN Haiyue QIAO Xuefeng

Abstract: As a window of important curriculum reform policies, Singapore Ministry of Education (MOE) launched a new edition of Primary and Secondary Mathematics Syllabus on its official website in 2013. The revision has deepened the effectiveness of mathematics curriculum reform. On one hand, it emphasizes the acquisition of mathematics experience in the process of teaching and learning; on the other hand, it encourages teachers to extend teaching strategies by modeling. Compared with prior editions, the descriptions of the course contents and teaching processes in this new syllabus have more guiding significance at the operational level. Corresponding to the revision of syllabus is the assessment of its implementation effect. In 2016, the MOE has decided that the assessment will center on students' 5C, i.e., competence, confidence, creative, critical, and curious. An analysis the new mathematics syllabus and the basic ideas of its implementation would provide useful reference for the curriculum reform in China.

Keywords: Singapore mathematics syllabus, assessment, developing tendency, key competence