

小学科学教育：课程创新与实践挑战

姚建欣¹，郭玉英²

(1. 教育部基础教育课程教材发展中心，北京 100029；2. 北京师范大学 物理学系，北京 100875)

摘要：新修订的《义务教育小学科学课程标准》表现出“延展”和“整合”两大发展特点。基于对课程标准文件的分析，依托以往的国际科学课程研究，从三个层面分别解读这两大发展特点。同时根据我国小学科学教育的现状，分析在课程实施中可能面临的挑战。

关键词：科学教育；小学科学；大概念；学习进阶；课程标准

中图分类号：G623.6 **文献标志码：**A **文章编号：**1000-0186(2017)09-0098-05

纵览国内外科学教育的发展，新纲领文件的颁布是科学教育改革发展最显著的标志。例如，1989年英国正式颁布《国家科学课程》(Science in the International Curriculum)，1996年美国出台《国家科学教育标准》(National Standards of Science Education)，是两国科学教育改革的标志性事件。经过长时间的酝酿，我国《义务教育小学科学课程标准》于2017年1月19日由教育部正式颁布。此标准的修订工作由中国科学院院士领衔，集资深科学家、科学教育研究者、一线教师和教研员之智慧，反复征求意见和研讨而成，是我国科学教育的一座新里程碑。基于历史溯源和国际比较的视角，本文研讨新修订的小学科学课程标准所反映出的时代特色——“延展”和“整合”，同时分析新课程标准的实施带来的机遇和面临的挑战。

一、课程的延展

概括此次小学科学课程的嬗变，最大的特点

之一可以凝练为“延展”一词。这里的“延展”有三层意涵：首先，课程的开设时间由3—6年级延展到1—6年级；第二，课程的内容领域延展到了“技术与工程”；第三，课程标准基于学习进阶(Learning Progressions)的理念分段设计出具有延展性的课程目标和课程内容。

新修订的小学科学课程最为显著的变化是由3—6年级开课变为1—6年级开课。开课年级的增加，是延展的第一层意涵。在小学一年级甚至更早的时候开设科学课，以进行科学启蒙、培养科学兴趣，是欧美发达国家的常见做法。^[1]从对欧美低年级段科学教育的考察可以看到，较早的在适宜的情境中以适当的方法引导学生动手做科学，能够激发学生科学学习的兴趣和积极性。而且，此时培养出的兴趣能够长期保持，有利于后续科学课程的学习乃至终身科学事业的坚持。从一年级起的开课时间设计还串联起了学前科学教育与义务教育阶段科学教育，承接了教育部《幼儿园教育指导纲要》《3—6岁儿童学习与发展指

基金项目：北京市未来教育高精尖创新中心资助项目(BJAICFE2016SR-005)

收稿日期：2017-04-02

作者简介：姚建欣，山东济南人，教育部基础教育课程教材发展中心助理研究员，博士，主要从事科学教育和课程教材研究；郭玉英，山东高青人，北京师范大学物理系教授，博士生导师，主要从事物理教育和科学教育研究。

南》的培养要求。^[2, 3]由此, 配合已有的中学科学课程, 使整个基础教育阶段的科学教育衔接贯通起来。此外, 从 1 年级开设科学课能够在一定程度上引起学校对科学课的重视, 对师范院校的师资培养和地方教师培训也有一定的导向作用。

第二项延展的是内容领域。新修订的小学科学课程标准新增了技术与工程领域, 是我国首次将“技术与工程”纳入科学课程标准, 将其作为与物质科学、生命科学、地球与宇宙科学并列的专门领域。打通科学 (Science)、技术 (Technology)、工程 (Engineering) 和数学 (Mathematics) 教育, 是 21 世纪最重要的教育发展方向之一。^[4]继美国《新一代科学教育标准》(Next Generation Science Standards, 以下简称 NGSS) 迈出 STEM 教育的一大步之后, 我国新修订的小学科学课程标准在此之上又有新的突破。我国新修订的小学科学课程标准清晰地给出了技术和工程领域的知识目标, 并具体列出了技术和工程领域的分段学习目标, 这在世界上尚属首次。但比较两国的科学教育纲领文件可以看到, 美国 NGSS 在“科学探究升级版”的科学科学与工程实践 (Science and Engineering Practices) 维度对科学探究与工程设计进行了整合, 并给出了工程设计的分段学习目标。^[5]这提示我们, 如何在“动手做”时系统地实现 STEM 教育, 仍是小学科学课程需关注的地方。

以学习进阶 (Learning Progressions) 的思想指导课程标准的分段设计, 建构连贯一致的发展图景, 是小学科学课程标准延展性的又一体现。学习进阶是 21 世纪科学教育研究领域的核心范式, 其实质是对“学习的不断拓展深化历程的刻画”。^[6]修订工作组基于对发达国家科学课程标准的比较研究, 并充分参考借鉴学习进阶的理念和相关研究成果, 分低 (1—2 年级)、中 (3—4 年级)、高 (5—6 年级) 三个阶段设计课程目标和课程内容。更引人瞩目的是, 课程标准的进阶设计不仅限于“科学知识”维度, 而是对“科学探究”“科学态度”和“科学、技术、社会与环境”等全部维度都提出了进阶发展要求。以科学探究维度中的“处理信息”要素为例 (表

1): 在小学 1—2 年段, 学生的信息处理是在教师的指导下, 而且是使用语言对信息的初步描述; 在小学 3—4 年级, 学生的信息处理仍是在教师的指导下, 但应学着用简单的科学词汇、图示符号和统计图表来对信息进行记录和整理, 并能叙述证据和结果; 在小学 5—6 年级, 学生应能逐渐脱离教师的指导, 自主使用各类科学表征方式来记录、整理信息, 表述探究结果。

表 1 处理信息要素的分段目标

	1—2 年级	3—4 年级	5—6 年级
处理信息	在教师指导下, 能用语言初步描述信息。	在教师引导下, 能用比较科学的词汇、图示符号、统计图表等方式记录整理信息, 陈述证据和结果。	能基于所学的知识, 用科学语言、概念图、统计图表等方式记录整理信息, 表述探究结果。

二、课程的整合

面对有限的科学学习时间和“无限”的科学知识这一科学教育面临的首要矛盾, “整合”作为基础教育阶段科学课程改革核心理念已成为科学教育研究者的共识。^[7]整合可以分为三个层次: 首先, 是以大观念^①为核心, 重构科学课程的知识体系; 其次, 是实现科学理解与科学实践的相互增益; 最后, 渗透对科学本质的理解以及 STEM、STSE 等跨领域整合^[8]。定位为一门综合性课程, 小学科学课程标准的修订重视学科领域内和学科领域间的融合, 在上述层面上初步实现了课程整合。

首先, 新修订的小学科学课程标准围绕主要概念建构课程内容体系。如果把一个个具体的科学概念比作建构科学理解的砖石, 那么大观念则是由其凝聚累叠而成的宏观图景。大观念的形成“能帮助学生理解其生活中的事件和现象, 并在其结束学业、迈入社会后, 持续发生影响”。^[9]具体到新修订的小学科学课程标准, 修订组遴选出了贴近学生生活经验、具有内容延伸潜质、处于学科中心位置的 18 个主要概念。其中物质科学领域 6 个, 生命科学领域 6 个, 地球与宇宙科学领域 3 个, 技术与工程领域 3 个 (表 2)。这 18

^①“大观念”是对英文 big idea 的翻译, 也常被译为“大概念”。为强调与日常教学中的“概念”的区别, 这里使用了“观念”一词。
• 99 •

个主要概念组织起了全部 75 个学习内容，并且与初中阶段的科学课程相衔接。相较于之前的版本，新修订的小学科学课程标准的学习内容更加统整，还适当降低了对一些具体知识点的要求。这不仅有利于减轻学生的学业负担，还为学生自主进行科学探究活动留出了时间和空间。

表 2 小学科学课程标准的 18 个主要概念

领域	主要概念
物质科学	1. 物体具有一定的特征，材料具有一定的性能。
	2. 水是一种常见而重要的单一物质。
	3. 空气是一种常见而重要的混合物质。
	4. 物体的运动可以用位置、快慢和方向来描述。
	5. 力作用于物体，可以改变物体的形状和运动状态。
	6. 机械能、声、光、热、电、磁是能量的不同表现形式。
生命科学	7. 地球上生活着不同种类的生物。
	8. 植物能适应环境，可制造和获取养分来维持自身的生存。
	9. 动物能适应环境，通过获取植物和其他动物的养分来维持生存。
	10. 人体由多个系统组成，分工配合，共同维持生命活动。
	11. 植物和动物都能繁殖后代，使它们得以世代相传。
	12. 动植物之间、动植物与环境之间存在着相互依存的关系。
地球与宇宙	13. 在太阳系中，地球、月球和其他星球有规律地运动着。
	14. 地球上大气、水、生物、土壤和岩石，地球内部有地壳、地幔和地核。
	15. 地球是人类生存的家。
技术与工程	16. 人们为了使生产和生活更加便利、快捷、舒适，创造了丰富多彩的人工世界。
	17. 技术的核心是发明，是人们对自然的利用和改造。
	18. 工程技术的关键是设计，工程是运用科学和技术进行设计、解决实际问题、制造产品的活动。

第二，新修订的小学科学课程标准推进了探究与理解的整合。此次修订明确了小学科学课程是一门实践性课程，同时明确了探究活动是小学生学习科学的重要方式。这意味着上述 18 个主要概念的学习理解，需在动手动脑的探究活动中习得巩固，在实践中体验和积累对世界的认识。特别是标准中的活动建议，较为清晰地勾画出内容理解与科学探究的关联，在“输入端”推进整合^①。承接此要求，教学如果能够在儿童喜闻乐

见的科学主题中，精心设计探究问题，重视探究活动的各个要素（包括提出问题、作出假设、制订与实施研究方案、收集和分析数据、得出结论、表达交流、反思评价等），并重点关注科学理解和科学思维的培养，这种整合能在一定程度上扭转过去“重知识讲授、轻能力培养”的教学情况。此外，课程标准中同时也强调不要把探究式学习作为唯一的科学学习方式，对于不同维度的科学素养，可以通过包括交互讲授在内的科学游戏、科学论辩等多种方式来培养。

第三，新修订的小学科学课程标准关注了小学科学与其他学科课程的关联。从 20 世纪 80 年代发端的 STS（科学·技术·社会）到课程标准中的 STSE（科学·技术·社会·环境），从最初的 STEM（科学·技术·工程·数学），到 STEAM（科学·技术·工程·艺术·数学），再到 STREAM（科学·技术·写作·工程·艺术·数学），科学课程与其他相关学科课程的联系在不断加强。这一方面反映了科学在基础教育课程体系中的中心地位，也反映出科学学习需要且能够与其他科目的学习建立广泛联系，同时也是“整合”理念在当代科学课程设计中的体现。此次课程标准的修订中，也明确定位小学科学课程是一门综合性课程，在强调科学内部各学科领域的综合的同时，关注科学课程与并行开设的语文、数学、综合实践活动等课程的相互渗透。以与数学的关联与互动为例，科学探究中的数据处理、模型建立都与数学知识和数学思维联系紧密。与之类似，科学课离不开听、说、读、写，科学言语和科学表征是当前科学教育发展的热点议题^[10]，这反映了科学课程与语文的关联与互动。

三、实践的挑战

新修订的小学科学课程标准对小学科学教育带来了革命性的变化，随着课程标准的尘埃落定，如何在课程实施过程中落实标准文件的要求，将成为今后很长一段时期内小学科学教育者乃至整个科学教育界的核心议题。但根据对我国

① 以美国 NGSS 为代表的一些标准文件，使用表现期望统整各维度的学习要求，在“输出端”进行整合。

小学科学教育现状的了解,可以毫不避讳地说,新课程标准的实施面临着教育现实的巨大挑战。

从总体来看,小学科学课程在我国的整个小学教育体系中没有得到应有的重视。^[11]这是高凌飏等学者十年前的判断,至今看来仍是切中要害。而且不仅小学如此,甚至可以说,与世界上多数发达国家将科学作为核心课程的情况相比,我国基础教育阶段科学课程的地位显然是偏低了。借此次小学科学课程标准的修订的东风,教育部在原有《义务教育课程设置实验方案》的基础上,为科学课程增加了2个课时。^[12]有学者和媒体解读其为“科学教育的春天”^[13]。但长期以来在主任、校长等教学管理者心目中的既有认识能否改变,多长时间能够改变?我们只能抱着审慎乐观的态度,期待在这个春天,科学教育的春天能应时而来。

在怀揣丰满理想的同时,必须正视现实的骨感。小学科学课程实施需要面对的首要问题,就是专业化教师队伍的发展问题。教育部在2014年组织的一项对中西部科学教师的调查显示,高达80.1%的教师还兼任其他学科的教学工作。许多学校没有专任的科学教师,科学课多由语文、数学甚至体育老师兼任,带着学生“做做手工、玩一玩”。即便在东部沿海地区,除了一些中心城市外,情况也不乐观。例如,一项对福建省农村小学科学教师的调查显示:在任课动机方面,有87.9%的教师是因为领导安排自己要兼任科学课程,其中热爱科学教学的教师只占两成,有45.6%的教师对自己能否长久任教此科持怀疑态度;教学能力方面,69.3%的教师表示对科学课程不能完全驾驭,54.8%的教师对自己的教学方式不满意;在知识结构方面,超过一半的教师(58.7%)认为自己最具劣势的是“学科知识”;在实验探究方面,尽管有68.8%的被调查教师认为科学教学中必须开展科学实验活动,但实际上只有10.7%的教师在课堂上开展,而且还常常仅限于教师演示。^[14]

如果与芬兰、德国、日本等发达国家的情况对比,上述关于我国小学科学教师的统计数字可谓“触目惊心”。小学科学教师队伍的问题,有师范院校培养方面缺失的因素,但更大程度上还是与小学科学的“副科”地位有关。小学科学的

“副科”地位导致了很多令人心酸的悖论:小学缺科学教师,而师范院校科学教育的学生却不容易找到工作;小学科学教师课时多、备课任务重、教学力不从心,但他们却是学校里的“闲人”。^[15]这种教师培养体系的错配和教师身份认同的缺失,长期困扰着小学科学教师的专业队伍建设。而这一局面的扭转,需要管理者、教师和家长“概念转变”,需要教师教育资源的合理调配,需要研究的介入和支持。

有了良好的课程设计,与之相匹配的教材等配套课程资源也亟待进一步发展。目前使用的小学科学教材是十多年前编写审定的,与当代科学教育理念的差距已经十分明显,必须及时修订更新。教育部已经先期启动了小学科学教材的修订工作。然而十多年的发展停滞,导致编写队伍的老化、弱化问题,是阻碍教材质量达标的一大隐患。教材的循环使用、配套活动手册的开发,也给编写者和出版社提出了新的挑战。编写者对课程标准的理解,对学习进阶、学科融合等思想的领悟,自身科学素养水平,是开发高质量教材所必备的基础。为此,教育部委托基础教育课程教材工作委员会开展了多次编写培训和意见征询。但参考发达国家的经验,国外优秀的中小学科学教材,如英国纳菲尔德基金会赞助的SPACE (Science Process And Concept Exploration)、美国国家科学基金会赞助的FOSS (Full Option Science System)、IQWST (Investigating and Questioning our World through Science and Technology)等,无一不是长期系统研究的结果。可见,仅凭自上而下的培训是不够的,科学教育研究的积累和国外优秀经验的本土化,是提升科学教材质量的关键。更上位和更长远来看,扶持高水平的科学教育研究,是提升小学科学教育质量的工作要点之所在。

参考文献:

- [1] 广东省教育研究院小学科学课程教材改革与发展研究课题组. 小学科学课程教材改革与发展研究 [M]. 广州: 广东高等教育出版社, 2016.
- [2] 中华人民共和国教育部. 幼儿园教育指导纲要(试行) [Z]. 北京: 北京师范大学出版社, 2001.
- [3] 中华人民共和国教育部. 3—6岁儿童学习与发展指南 [Z]. 北京: 北京师范大学出版社, 2001.

- [4] National Research Council. A framework for K-12 science education [M]. Washington, D. C.: National Academies Press, 2012.
- [5] NGSS Leading States. The next generation science standards [M]. Washington D. C.: National Academies Press, 2013.
- [6] 姚建欣, 郭玉英. 为学生认知发展建模: 学习进阶十年研究回顾及展望 [J]. 教育学报, 2014, 10 (5): 35-42.
- [7] 郭玉英, 姚建欣, 等. 整合与发展——科学课程中概念体系的建构及其学习进阶 [J]. 课程·教材·教法, 2013 (2): 44-49.
- [8] 郭玉英, 姚建欣, 等. 整合发展新蓝本——美国《新一代科学教育标准》述评 [J]. 课程·教材·教法, 2013 (8): 118-127.
- [9] 温·哈伦, 等. 科学教育的原则和大概概念 [M]. 韦钰, 译. 北京: 科学普及出版社, 2011: 序言.
- [10] 姚建欣, 郭玉英, 克努特·诺依曼. 科学解释能力培养模式的教育反思与哲学分析 [J]. 自然辩证法研究, 2017 (1): 93-99.
- [11] 钟媚, 高凌飏. 小学科学课程改革中的问题与分析 [J]. 课程·教材·教法, 2007 (6): 77-81.
- [12] 中华人民共和国教育部. 教育部关于印发《义务教育小学科学课程标准》的通知 [EB/OL]. [2017-2-6]. http://www.moe.edu.cn/srcsite/A26/s8001/201702/t20170215_296305.html.
- [13] 张苑, 陈静. 科学教育如何迎接“春天” [N]. 桂林日报. 2017-3 (22): 第3版.
- [14] 杨妙霞. 农村小学科学教师专业发展现状与思考——以福建省为例 [J]. 闽南师范大学学报 (自然版), 2014 (2): 97-101.
- [15] 贾龙华. 学校里的“闲人”——小学科学教师身份认同研究 [D]. 西安: 陕西师范大学硕士学位论文, 2015.

(责任编辑: 钮 瑛)

The Curriculum Development and Practical Challenge of Science Education in Primary School

Yao Jianxin¹, Guo Yuying²

(1. National Center for School Curriculum and Textbook Development, Ministry of Education, Beijing 100029;

2. Department of Physics, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

Abstract: The Science Curriculum Standards for Primary School (2017) reveals two characteristics: extension and integration. This paper interprets the two characteristics from three folds respectively based on analysis of standard documents and study of international science curriculum. Meanwhile, we discuss the potential challenges in curriculum implementation based on the current situation of primary science education in China.

Key words: science education; primary school science; big idea; learning progression; curriculum standard

《中小学数字化教学》征稿要求

1. 标题一般不超过 15 个字, 可加副标题。文后应注明工作单位、单位详细地址和邮编、联系电话等。
2. 正文字数一般不超过 4500 字。偏理论性文章需要加摘要、关键词和参考文献, 随笔类文章每篇请控制在 1500 字左右。
3. 文章采用 Word 格式, 由于会有网络版同步纸质期刊, 欢迎教师们将文章涉及的相关图片和资源一并投给我们, 可以是 JPG、GIF、PPT, RAR, ZIP, EXE, SWF 等格式, 大小限制为 20M。
4. 若为基金项目, 需提供项目名称及其编号。
5. 本刊按质量甄选稿件, 不收取版面费, 对优秀稿件有稿酬。

《中小学数字化教学》编辑部

2017 年 8 月