

# 高校如何助力在职小学科学教师教学能力的提升

## ——基于美国一流高校暑期项目的分析

郑 菲

广州大学教育学院, 广东 广州

收稿日期: 2024年9月10日; 录用日期: 2024年10月8日; 发布日期: 2024年10月15日

### 摘 要

借助高校资源提升小学科学教师的教育教学能力是一种重要的在职培训方式。国外研究表明, 通过高校开展的暑期项目, 科学教师的探究式教学能力得到提升, 学生对科学的学习兴趣以及科学成绩得到提高。国内关于如何加强大学与小学科学教育的联系仍在探索中。通过对美国高校开展的暑期项目进行分析, 在培训导向上具有基础研究导向、问题——需求导向、战略前瞻导向, 高校组织管理并举驱动暑期项目, 评估机制和激励措施是暑期项目的重要支撑, 科学体验为科学教师提供了交流学习的基本要素; 发现美国一流高校的暑期项目具有以下特点: 注重小学科学教师的科学探索经历、充分利用研讨会进行教师间的汇报与交流、项目的长期性以及培训后进行科学教育质量评估。

### 关键词

小学科学教师, 小学科学教师在职培训, 小学科学教师专业发展

# How Can Colleges and Universities Help Improve the Teaching Ability of In-Service Elementary School Science Teachers

## —Analysis Based on Summer Programs of Top American Colleges and Universities

Fei Zheng

School of Education, Guangzhou University, Guangzhou Guangdong

Received: Sep. 10<sup>th</sup>, 2024; accepted: Oct. 8<sup>th</sup>, 2024; published: Oct. 15<sup>th</sup>, 2024

## Abstract

It is an important on-the-job training method to improve the teaching and educational ability of primary school science teachers with the help of university resources. Foreign studies have shown that through summer programs conducted by universities, the inquiry-based teaching ability of science teachers has been improved, and students' interest in science learning and scientific performance has been improved. In China, how to strengthen the connection between universities and primary school science education is still under exploration. Through the analysis of summer programs conducted by American universities, it is found that the training orientation is basic research oriented, problem-demand-oriented, and strategic-foresight-oriented. The organization and management of universities drive the summer programs. Evaluation mechanisms and incentives are important supports for summer programs. Scientific experience provides science teachers with the basic elements of communication and learning. The summer programs of first-class American universities are found to have the following characteristics: focusing on the scientific exploration experience of primary school science teachers, making full use of seminars for reporting and communication between teachers, the long-term nature of the projects, and conducting science education quality evaluation after training.

## Keywords

Primary School Science Teachers, In-Service Training of Primary School Science Teachers, Professional Development of Primary School Science Teachers

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 研究背景

以 2013 年美国颁布的《新一代科学教育标准》(NGSS)为里程碑,科学教育领域迎来了一场深刻的变革,该标准由各州共同制定并面向全国推广,为基础教育阶段的科学教育绘制了一幅全新的蓝图。此次改革不仅巩固了传统科学学科(物理学、化学、生物学、地球与空间科学)的核心概念,更将科学探究、跨学科整合、以及技术与工程实践置于科学教育的核心位置[1]。这一转向标志着科学教育正从传统的知识传授向素养导向的探究式学习迈进,进而推动课程体系、教学方法及评价体系的全面革新。

我国积极响应国际科学教育改革的浪潮,分别于 2017 年和 2022 年对小学科学课程标准进行了修订,明确小学科学课程作为基础教育的重要组成部分,其本质在于基础性、实践性和综合性,旨在激发并维护学生的好奇心,培养学生的科学观念、科学思维、探究实践能力及科学态度。特别是最新发布的《义务教育科学课程标准(2022 年版)》,实现了小学至初中科学课程的九年一体化设计,进一步强调了科学教育的连贯性和系统性。

要培养出充满科学兴趣、拥有强烈好奇心、良好科学素养、科学方法以及科学创造力的学生,具备高职业素养和科学实践能力的教师队伍至关重要。2023 年 5 月,《教育部等十八部门关于加强新时代中小学科学教育工作的意见》指出,要加强师资队伍建设和鼓励高水平综合性大学参与中小学科学教师培养,鼓励高校和科研院所主动对接中小学,鼓励和支持高校、科研院所建立激励机制,引导科学家(科技工作者)研究和参与中小学科学教育,安排实验室等科技资源向中小學生适当开放,协同组织科学夏(冬)

令营等，为科学实践活动提供保障[2]。

在过去的十年里，美国高校通过持续地开展暑期项目，接受基础教育的教师对其提供学习的机会，通过研讨会、参与实验、报告会、午餐会等形式有效提升了美国科学教师科学探究、跨学科整合的教学能力，改变了美国科学教育的惨淡状态，美国高校在提升科学教师教学能力方面的经验可为我国提升科学教师的在职培训质量提供借鉴。

2. 美国一流高校暑期项目对小学科学教师的培训导向与形成机制

早在 20 世纪 90 年代，美国哥伦比亚大学就因为学生在科学方面的表现不佳而开设了暑期项目，期望通过暑期培训提升中小学科学教师的知识水平和教师实践能力，进而提升学生的科学成绩和 STEM 方面的综合表现。通过对 QS 世界大学排名前列的美国大学学校网站、学术论文、美国国家教育统计中心网站等渠道收集与主题相符的资料与素材，分析总结美国一流高校暑期项目对在职科学教师的培训导向与形成机制。

(一) 美国一流高校暑期项目对在职科学教师的培训导向

美国各州依托大学资源，对社会人士开展继续教育。针对小学科学教师，美国高校选择在暑期开设暑期项目，以高校教授和实验室为牵引，旨在拓展小学科学教师的科学知识，提升科学教师教授科学的能力，提高科学教师的探索精神。暑期项目以专题的形式开展，在专题的设定上，主要表现为三大导向(见表 1)。

Table 1. Thematic orientation of science education training in summer programs at leading U.S. colleges and universities  
表 1. 美国一流高校暑期项目科学教育培训专题导向

培训导向	主要内容	意义
基础研究导向	主要集中在生物学与生命科学、数学、物理学、化学等基础科学领域。	① 加强小学科学教师的基础研究和教学应用能力； ② 掌握基本的科学知识，掌握学科核心思想。
问题——需求导向	结合美国社会发展的现实挑战，在气候行动、碳中和等可持续发展和全球应用性科技专题。	① 与时代发展问题相连接，鼓励学生关注与探索时代发展的科学问题，激发学生的科学兴趣； ② 增强科学和工程实践。
战略前瞻导向	面向未来全球发展，重视人工智能、计算科学等领域，引领科学教师学习新兴前沿交叉领域。	① 增强跨学科教学意识； ② 科学教师了解新兴领域的研究进展与成果，转化到小学科学课堂中，增强师生的科学使命感与责任感。

在培训形式上，高校暑期项目注重借助实验室和导师，通过让科学教师参与到科学探索中，使科学教师掌握基本的思维方法，具有科学思维能力；同时，能够掌握基本的科学方法，提升探究实践能力；科学教师们通过对研究成果的展示与交流，能逐渐树立起正确的科学态度，具备正确的科学教育观。在暑期培训中获得/提高的能力对提升小学科学教育质量至关重要。

(二) 美国一流高校暑期项目的形成机制

1) 高校驱动：组织管理并举是确保暑期项目顺利运行的平台基础

推进小学科学教师科学素养和教学能力提升，建立顺畅高效的组织体制至关重要。美国一流高校的暑期项目都将其工作分为组织与管理两大模块。有些高校暑期项目的组织与管理是由一个部门统筹，有些是两个部门分开统筹。例如北亚利桑那州大学 STEM 教育系为在职科学教师提供课程，科学教学中心负责组织管理教育研究、专业学习和其他外展项目，对科学教学在职培训制定长期发展规划。斯坦福 NGSS 项目不仅开设了项目课程，还研发了关于科学教育的评估系统，旨在帮助科学教师评估自己的教学效果

是否满足《下一代科学标准》的要求。关于项目的组织与开展,通常设定一些专题供科学教师选择学习。斯坦福大学的暑期项目将地球和空间科学、生命科学、物理科学和工程学等整合到每个课程单元中,所有单元是基于项目的。项目借助实验室开展,科学教师们亲身经历科学探索的过程,科学教师能够看到每个单元与课程整体的联系,并结合在暑期项目中的实验过程提升探究式教学、大单元教学能力,并鼓励科学教师深入研究。

## 2) 智慧联动:丰富的科学体验是科学教师间交流学习的基本要素

在暑期项目中,除了实验室科研体验,还会开展研讨会、参观学习、报告会、科学概念和技术课堂转移培训等。科学教师在研究实验室的经历增加了他们对学生学习困难的理解;例如哥伦比亚大学暑期项目要求教师们每周聚集一天进行专业发展交流,高校在专业发展日提供午餐,促进科学教师融入专业学习社区,参加项目的科学教师表示:“在适应研究实验室时所经历的压力增加了他们对学生困难的理解,并促使他们对学生的困难做出更同情的反应。”科学教师们通过研讨会能从其他科学教师身上学习到新的教学设计或者教学技巧;例如科学教师通过培训与交流承认了科学知识的欠缺,并意识到不能用“对”或“错”来评判学生的答案,而是问:“你为什么这么认为?”“这是个好问题。”“我不知道答案,但我可以帮你找到。”通过体验项目中各种活动,不仅能扩展科学教师的科学知识,也能提高科学教师的科学兴趣,并鼓励他们继续从事科学教育,提升科学教师的留任率。参加哥伦比亚大学暑期项目的科学教师在报告上表示:在项目中的经历提高了科学教师们对教育的兴趣,并鼓励他们继续从事科学教学。

## 3) 激励机制:培训评估机制和激励措施是培训成果的重要支撑

科学的基础是探索而不是寻找正确的答案,将精力、政策和投资集中于教师队伍、教育资源和创新性评估工具上,将会提升科学教育的质量。评估机制不仅是一种评估手段,也是调动科学教师自主性学习的一种方式。美国高校的暑期项目注重对科学教师的评估,一般有两种方式。一是通过测评科学教师的学生的科学成绩;二是就科学教师参加完课程后,对科学教师的学习成效进行评估,并授予证书或者学位。例如哥伦比亚大学的暑期项目通过对学生成绩的测评,发现科学教师参加项目后,学生的成绩比未参加教师的学生成绩高 10.1 个百分点。斯坦福大学的评估项目在教师参加综合课程后,利用评估项目来检测科学教师的教学是否达到了科学教育的 3D 目标,即学科核心思想、科学和工程实践以及跨学科概念;从而使科学教师学会使用绩效评估来改变教学策略。麻省理工学院主要通过发放教育结业证书来保障暑期项目的质量。科学教师能力的提升将提升科学教育质量和教师留任率,而学生科学成绩的提高和教师留任率的提高将为教育部带来了直接的经济效益,并为整个社会带来了长期的经济效益。

## (三) 美国一流高校暑期项目取得的实效

对科学教师群体而言,美国暑期项目通过对科学教师提供科学研究实践经验,使得 K-12 科学教师在课堂上充分使用构建主义教学法,让科学教学焕发活力;暑期项目的课程让他们了解了作为实验技术员、自身科学家所需要的个人素质和技术技能,从而帮助他们为学生提供指导和鼓励。就学生群体而言,参加暑期项目的科学教师所教学生的科学成绩有显著提升。哥伦比亚大学通过测评学生科学成绩,在科学教师持续参加高校暑期项目的第三年和第四年,学生的科学考试合格率比未参加培训教师的学生高 10.1 个百分点,使用 SPSS 软件进行标准单向方差分析,这种差异具有显著性( $P=0.049$ )。美国高校开展暑期项目也提升了教师的留任率,纽约市曾计算过科学考试通过率的提升将为学生节约暑假补习和重复考试成本;而且参加科学暑期项目教师的留任率是其他科学教师的三倍,在每 10 名教师加入暑期项目的四年里,纽约市能节约一大笔教师招聘成本。

# 3. 美国一流高校依托暑期项目提升在职小学科学教师教学能力的主要特点

## (一) 倡导科学教师采用探究式教学,注重科学教师的科学探索经历



在美国《K-12 科学教育框架》和《下一代科学标准》指导下,研究表明,在学习学科核心思想的同时参与科学工程实践可以提高学生对科学概念和科学知识是如何建构的理解[3]。地球和空间科学、生命科学、物理科学和工程学被整合到每个课程单元中,教员带领中小学科学教师亲身体验科学研究的过程。所有的科学教师都被视为专业人士,受到了独立思考和创新性思考的挑战,并关注到了当代科学关注的问题,例如生物技术与生命科学、气候问题、机器学习与人工智能等。不仅提高了科学教师的分析和实验室试验管理技能,也使他们更好地理解和交流科学概念和教学实践。加州理工学院开展的暑期研究同样将参与培训的科学教师安置在加州理工学院的研究实验室内,在研究导师的指导下,在指定的师生团队中进行科学研究。这些研究经验为 K-12 科学教师提供了学习机会,他们通过在高校科学研究实验室中体验科研氛围,并与高校的教授进行交流学习,拓展了知识面,开拓了视野,他们可以将自己的经验带回课堂。麻省理工学院分模块开展一系列在职教育,所有参与者都可以在短期课程结束时获得新的职业技能和对问题的见解,科学教师们获得受益的专业知识,并将适用的知识带回课堂,促进科学教师的专业发展。

## (二) 研讨会调动科学教师学习热情,重视教师间的互动学习

各类培训和教研活动是在职教师继续学习,实现专业发展的主要途径之一。高校借助暑期项目开展的研讨会提升了科学教师的参与感与主动感。教师们为研讨会所做的充分准备是研讨会取得成效的前提,教师们彼此之间的互动交流是研讨会顺利开展的必要条件。所以,科学教师们都会为了在研讨会的交流与学习,在暑期项目期间认真向导师请教学习,这些研讨会时刻提醒着参加培训的科学教师该暑期项目的目的是提高教师作为科学教育者的能力。北亚利桑那大学的科学教学中心会为科学教师提供高质量的基于研究的专业发展研讨会,以提升知识内容和教学法为宗旨,为科学教师提供专业发展支持。哥伦比亚大学暑期项目举办研讨会、科学教学和教材演示、教师主导的研究报告等,并在专业发展日提供午餐,从而鼓励教师们的交流互动。耶鲁大学的暑期在线课程围绕实时在线研讨会和讲座课程、讨论会建立,以主题的方式展开讨论交流,课程借助网络,将同步和异步活动相结合,实现丰富的对话和有效交流反馈。

## (三) 暑期培训助力教师成长,长期参与提高教育质量

教师的专业发展是一项长期且需要高质量培训支撑的持续过程,以确保他们保持专业活力和持续发展的动力。全球范围内,包括美国、芬兰、法国在内的多个国家和地区,均积极倡导“教师是终身学习者”的理念,并高度重视科学教师从职前教育到在职培训的一体化体系建设,以确保教师队伍的持续成长和专业发展[4]。美国高校将暑期项目作为高校的传统活动,每年定期都会在高校官方网站发布暑期项目的相关简介和报名链接,向中小学科学教师提供了很多培训资源,各州的科学教师通过浏览这些信息,向高校投递简历。

高校暑期项目的定期性、开放性和包容性,为科学教育教师的专业发展提供了支持。哥伦比亚大学暑期项目在探讨暑期项目提升了学生科学考试通过率的原因时,指出要求科学教师参加两个夏季的培训对项目的成功至关重要。由于教育的滞后性和暑期项目的短期性,科学教师们只有持续参与培训,项目效果才能更显著。北亚利桑那大学的对 K-12 教育工作者提供的专业发展计划也具有长期性,并提供在线支持,从而促进教师的专业发展。芝加哥大学城市教师教育计划通过对在职科学教师提供持续的专业发展指导提升了科学教师的留任率。

## (四) 采取各种措施调动科学教师参与培训的积极性

专业发展活动对教师的信念养成和实践发展具有显著影响[5]。但在促进专业发展的培训中,教师们会出现疲惫与厌倦心理。美国教师也存在对在职培训积极性不高的情况,针对于此,美国采用多种激励方式提升教师参与培训的积极性。哥伦比亚大学暑期项目通过对科学教师的学生的科学成绩进行跟踪测

评,并将此测评数据公开发表,这提升了科学教师参与暑期项目的责任感,调动科学教师学习的主动性,也激励了教师将暑期项目中所学到的知识与教法带入自己的课堂。麻省理工学院开展的夏季短期课程,参与者完成课程任务并达标后,可以获得麻省理工学院专业教育结业证书,该证书可以用来证明自己的专业水平,许多个人和组织还用此证书来满足培训或认证要求;北亚利桑大学教育系为在职教师提供研究生课程,通过设置学位来激励教师参与其中。除此之外,北亚利桑大学还设立了科学教学中心,用来从事 STEM 教育研究、专业学习和社区参与等,并且每学期都会邀请来自全国各地的专业人士举办有关 STEM 教育的研讨会,这些发展计划吸引着科学教师参与到夏季培训中。

#### 4. 对我国小学科学教师在职培训的启示

科学教师在教育体系中的地位及重要性不容忽视。他们通过传授科学知识、培养创新思维 and 实践能力等方式,为学生的全面发展和社会进步做出重要贡献。因此,我们应该加强对科学教师的培养和支持,提高他们的专业素养和教育水平,以更好地发挥他们在科学教育中的作用。

##### (一) 我国高校和小学科学教学合作现状

近年来,我国高校逐渐与地方基础教育打破壁垒,依托高校为基础教育教师提供在职培训与学习的机会,旨在加强基础教育教师队伍建设,加强大中小学的交流与合作。然而,就目前我国高校开展的基础教育教师培训方面,存在一些不足。一是在培训内容方面,当前培训体系倾向于强化概念规律及学科专业知识传授,而在高阶能力培养上的投入则相对匮乏。旨在促进学生高阶思维能力成长的教学模式,诸如跨学科教学、科学探究以及项目式学习等,在培训课程体系中的占比最低[6]。Lederman 与 Abel(2014)的研究指出,小学科学教师不仅需要扎实的学科知识,更应具备跨学科的整合能力、创造性解决问题的思维以及不懈的探究精神[7]。这要求我们的教师培训模式必须超越单一学科知识传授的局限,转而倡导一种更为广泛且以实践为导向的培训理念。二是关于培训活动的频率,我国高校对小学科学教师的在职培养现状严峻,尚未构建出一个稳固、活跃的教研共同体环境。数据显示,高达 17.4% 的小学科学教师在过去一年中没有参加过任何形式的教研组研讨及专业培训活动[6]。教师的专业成长离不开持续、精准且高质量的培训作为支撑,以激发其内在活力与专业发展的动力。三是在培训形式上,我国高校对小学教师的培训主要采用讲座和参观学习的方式,我国高校的实验室、实验员和图书馆尚不对外培训教师开放。高校采用讲座和参观式培训的突出问题有三点:一是大学教授并没有小学教学的丰富经验,开讲座并不能有效地提升科学教师的教学能力;二是讲座式培训并没有调动教师的积极性,培训效率低、效果差;三是高校组织小学教师参观优秀课堂与教学,并没有实现同行交流与异质转化,培训效果甚微[8]。

##### (二) 美国暑期项目对我国小学科学教师在职培训的启示

###### 1) 重视培养科学教师的实践探索能力,提高科学教师的教学能力

我国教师培训擅长做一些概念和教学规律的培训,经验也较丰富。但随着教育理念的更迭,我国科学教师也应该与时俱进,学习一些可以激发学生兴趣的新教学方法。由于我国高校具备相对充足的实验资源与科学教育师资力量。所以,在概念和教学规律的培养基础上,可依托高校利用寒暑期开设短期培训,为小学科学教师提供探究性科学项目培训,培养小学科学教师的探究式教学、项目式教学能力。通过为科学教师配备导师,带领科学教师走进实验室,体验科学实践的过程,并能够关注到科学领域的前沿问题与热点话题,在培训中要鼓励科学教师将培训中学习成果进行科学教学转化,将科学研究与科学教学相结合。科学教师们可通过高校短期培训中的所学所悟来丰富科学教学的形式、拓展科学教学的知识面。针对于我国目前小学科学教师专兼任混合的状况,暑期项目可针对专任教师加大科学探究培训的深度,提高科学教师的科学研究与教学能力;对于兼任教师,可充分利用高校的多学科师资队伍与科学教师的基础学科优势,开展跨学科培训;最终能够通过科学教师之间的总结会或研讨会,专任教师与兼

任教师可互相分享交流自己的学习心得，取长补短。

### 2) 优化教师在职培训机制，提升教师参与培训的主动性

在培训意愿上，绝大多数科学教师都愿意参与培训，但在报名参与培训中，会存在积极性不高的问题。除了优化培训的内容和提高培训质量外，在激励机制上也要有所完善。美国高校开设的暑期项目将培训与资格认证联系在一起，或者以发放证书的举措吸引科学教师报名参与培训；在培训中，要打破“讲授法”这种单一培训模式，将培训形式多样化，例如开设研讨会，调动科学教师在培训中思考、搜集、整理与分析资料的主动性。此外，在政府层面，要加大经费投入，确保教师人均培训经费，针对教师的合理诉求给予培训津贴。教育经费是开展教师培训工作的物质基础。沈甜甜学者在调查中发现，在影响教师参加培训的几个因素中，有的教师选择了“没有经费补助”，这说明经费问题仍是影响科学教师参加培训的一个不可忽视的问题[9]。

### 3) 重视科学教学的质量测评，提升高校在职培训的质量

在推进小学科学教师培训的过程中，高校需关注培训前后的教学效果以及学生的科学成绩，通过持续地跟踪测评来准确评估培训的实际成效。同时，国家要提升对小学科学课程教学监测的重视程度，确保其在教育评估体系中占据核心地位。将科学科目与数学、语文并列为关键学科，以此来加强地方教育部门、学校对科学教师职业发展的重视与支持，从而推动科学教育的全面发展[10]。在高校对培训的评估体系中，要避免只注重分数的测试而让教师的教学专注于教科书和知识点，牺牲探究和实践的教学时间[11]。为充分发挥评价机制的正面引导作用，应以学生科学素养的提升为核心评价目标，聚焦于探究实验教学的有效实施。要全面评估实验教学在课程中的比重、教师的探究式教学能力，以及学生对科学课程的学习热情和实际能力表现。通过这些评价指标，推动科学教师积极进行教学创新，促使小学科学教育由单纯的知识记忆向实践操作的育人模式转变。同时，建议进一步完善科学教师的评价体系，依据教师的教学实力和专业水平，实行专业资格认证，以确保小学科学教育的质量与水平[11]。

### 4) 鼓励科学教师职业培训一体化，提升培训的科学化精准化水平

目前我国科学教师的职前和在职培训之间较割裂，没有形成长期培训规划。在吸收和借鉴主要国家科学教师专业标准的成功经验和成熟模式的基础上，为我国小学科学教师的职前培养、入职选拔以及在职业发展，构建一套全面、实际且可操作的一体化职业素养规范至关重要。

我国高校目前正在培养一批科学教育专业的学生，可针对于该批学生，设计科学教育专业发展规划，增强教师从基础理论学习、见习教学、入职培训到职后继续教育的连贯性学习体验，为科学教育专业提供长期有效的支持，提升科学教师的专业性科学性。针对于在职科学教师，政府和学校要加强与普通高校、师范院校、科研机构、科普场馆、企业和社会机构之间的紧密合作，打造多主题、多样化的科学教师研修基地，形成协同培养机制，做好在职培训规划，保证培训的持续性以及每期培训的衔接性与进阶性。同时，重视教师学习共同体的构建，鼓励职前和在职教师、兼任教师和专任教师、科学学科教师和其他学科教师、城区教师和乡村教师等形成多类型的教师专业共同体[12]。致力于将教学和实践中的积累的知识与见解提炼为可复制、可共享的“经验库”，通过分享这些教学经验、课程研究的成果以及教学资源，来丰富和拓展我们彼此的专业认知与理解。

## 5. 结语

目前我国教育部已和中科院合力打造“全国科学教育暑期学校”，湖南省、浙江省已推出高等教育与中小学科学教育的联合项目与计划，试图改善我国基础科学教育较弱的现实[13][14]。但我国将高校资源与中小学科学教育相融合起步较晚，目前体系尚未成熟。学术界如何借用高校资源，有效促进中小学科学教师专业发展的研究还较少。通过资料的收集与整理，发现美国的综合性高校、理工类高校都会利

用暑期开展中小学科学教师的在职培训, 并且培训计划具有成熟性, 所以本文通过对美国一流大学科学教师暑期项目的分析, 为我国高校助力小学科学教师教学能力的提升提供参考与建议, 帮助高校组织开展高质量的小学科学教师培训, 提升我国小学科学教育水平。

## 参考文献

- [1] Zembal-Saul, C. (2018) The Role of Teacher Education in Advancing Reform in Primary Science Education. In: Lee, Y.J. and Tan, J., Eds., *Primary Science Education in East Asia*, Springer International Publishing, 229-241.  
[https://doi.org/10.1007/978-3-319-97167-4\\_12](https://doi.org/10.1007/978-3-319-97167-4_12)
- [2] 中华人民共和国教育部. 教育部等十八部门关于加强新时代中小学科学教育工作的意见[EB/OL]. 2023-05-26.  
[http://www.moe.gov.cn/jyb\\_xwfb/gzdt\\_gzdt/moe\\_1485/202210/t20221029\\_673184.html](http://www.moe.gov.cn/jyb_xwfb/gzdt_gzdt/moe_1485/202210/t20221029_673184.html), 2024-06-17.
- [3] Shouse, A.W., Steingraber, H.A., Duschl, R.A., et al. (2007) Taking Science to School: Learning and Teaching Science in Grades K-8. National Academies Press.
- [4] 陈君, 高立伟. 教师职后培训体系改革的国际经验及其启示[J]. 中小学教师培训, 2016(5): 74-78.
- [5] 杨帆, 钟启明. 教师建构主义教学能力的培养及其效果——基于 TALIS 2013 上海教师数据[J]. 教育发展研究, 2017, 37(18): 50-57.
- [6] 郑永和, 杨宣洋, 王晶莹, 等. 我国小学科学教师队伍现状、影响与建议: 基于 31 个省份的大规模调研[J]. 华东师范大学学报(教育科学版), 2023, 41(4): 1-21.
- [7] Lederman, N.G. and Abell, S.K. (2014) Handbook of Research on Science Education. Vol. 2. Routledge.
- [8] 李敏文, 张雪艳. 初中综合理科教师的培训情况调查和分析[J]. 中小学教师培训, 2003(3): 6-7.
- [9] 沈甜甜. 科学教师在职培训研究[D]: [硕士学位论文]. 武汉: 华中师范大学, 2008.
- [10] 郑永和, 王晶莹, 李西营, 等. 我国科技创新后备人才培养的理性审视[J]. 中国科学院院刊, 2021, 36(7): 757-764.
- [11] 孙进. 德国教师教育标准: 背景·内容·特征[J]. 比较教育研究, 2012, 34(8): 30-36.
- [12] Dogan, S., Pringle, R. and Mesa, J. (2015) The Impacts of Professional Learning Communities on Science Teachers' Knowledge, Practice and Student Learning: A Review. *Professional Development in Education*, **42**, 569-588.  
<https://doi.org/10.1080/19415257.2015.1065899>
- [13] 中华人民共和国教育部. 湖南省以“三个三”积极加强科学教育[EB/OL]. 2024-01-17.  
[http://www.moe.gov.cn/jyb\\_xwfb/s6192/s222/moe\\_1750/202401/t20240117\\_1100704.html](http://www.moe.gov.cn/jyb_xwfb/s6192/s222/moe_1750/202401/t20240117_1100704.html), 2024-06-17.
- [14] 中华人民共和国教育部. 浙江省宁波市“三个一体化”推进科学教育, 全面提升中小学生学习科学素养[EB/OL]. 2024-03-18.  
[http://www.moe.gov.cn/jyb\\_xwfb/s6192/s222/moe\\_1770/202403/t20240318\\_1120921.html](http://www.moe.gov.cn/jyb_xwfb/s6192/s222/moe_1770/202403/t20240318_1120921.html), 2024-06-17.