

国外科学教师教育研究综述

胡久华, 李 燕

(北京师范大学化学教育研究所, 北京 100875)

[摘要] 科学教育的发展促进了科学教师教育研究的火热开展。本文通过分析整理多篇国外文献, 梳理出已有研究中关注的科学教师教育的5个主题: 教师知识、教师观念、教学实践、教师教育政策、教师作为研究者。在此基础上细致梳理了各主题下主要的研究内容及研究方法。通过对已有研究的梳理, 明确国外科学教师教育已有的研究范式, 为我国开展科学教师教育的研究提供借鉴。

[关键词] 科学教师教育; 教师知识; 教师观念; 教学实践; 教师作为研究者

[中图分类号] G659.1 [文献标识码] A [文章编号] 1672-5905(2016)04-0107-07

DOI:10.13445/j.cnki.t.e.r.20160713.011

A Review of Science Teacher Education Research Abroad

HU Jiu-hua, LI Yan

(College of Chemistry, Beijing Normal University, Beijing, 100875, China)

Abstract: The development of science teaching promotes the research of science teacher education. This article reviewed the literatures of science teacher education based on many relative study, analyzed and summarized the core content in five topics as teacher knowledge, teachers' belief, teaching practice, the policy of teacher education and teacher as researchers. This article also aimed to provide theoretical basis and study methods to future research.

Key Words: science teacher education; teacher knowledge; teachers' belief; teaching practice; teacher as researchers

随着科技的迅速发展及其带给人们生活质量的提升以及社会的进步, 科学教育受到人们的关注, 而科学教师在科学教育、科学课程的发展中起着不可替代的作用, 所以越来越多的研究者关注科学教师的教育问题。研究者从多方面对科学教师的教育进行研究, 如从研究对象的特征入手, 可分为职前教师研究、在职教师研究, 也有研究者从科学教学的特征入手进行研究, 最常见的是探究教学下的教师教育的相关研究。本研究从研究内容入手, 将科学教师教育的相关研究整理为以下5个方面: 教师知识、教师观念、教学实践、教师教育政策、教师作为研究者, 并基于此进行文献综述。

一、科学教师的知识

20世纪80年代后, 研究者对教师知识开展了

大量的研究, 是为了解决之前的科学教师教育的研究中, 研究者主要关注教学过程对教学结果的影响, 导致教学分裂化、机械化的问题, 在研究中引入了教师的实践知识。

其中最具有代表性的研究者是 Shulman^[1] 他重新探讨了教学的基本知识, 提出教师知识由学科知识(SMK)、教学知识(PK)以及学科教学知识(PCK)3部分构成, 其中学科教学知识(PCK)指适用于某一特定学科的专门教学知识, 是学科知识与教学知识的融合。之后他修订并新增了课程知识、学习者及其特征的知识、教学情境的知识、教学观念的知识。该框架对之后的研究产生了深远的影响, 大多研究者以此为基础对教师的教学知识进行研究。近年来, 随着技术的快速发展和应用需求的激增, Punya Mishra^[2] 将技术整合到教师专业知

[收稿日期] 2016-01-19

[作者简介] 胡久华, 女, 北京人, 北京师范大学副教授, 博士, 主要研究方向为化学教育、教师教育。

识中,构成新框架,即TPCK(Technological Pedagogical Content Knowledge),它是由技术、学科知识、学科教学知识相互作用综合而成的。

整理科学教师的知识研究文献,发现已有研究主要关注教师的学科知识、科学教师的PCK这两方面。

(一) 科学教师的学科知识

已有对科学教师学科知识(SMK)的研究关注点主要集中在以下3方面^[3]:①科学教师的学科知识现状研究,主要关注于错误概念的探查,研究发现在不同的学科知识主题下,教师普遍存在错误概念、学科知识结构不系统等问题。②科学教师的学科知识(SMK)对教师教学实践的影响,发现教师的科学背景影响教师的教学展示和学生的课堂教学行为(自主实验、小组活动、汇报等);缺乏学科知识的教师在教学中忽略发展重要的概念,且师生互动频次少,教学反馈单一(较少利用学生观点、避免学生提问,多进行回应而非启发等)。③教师学科知识的发展,研究者发现开设科学课程、构建科学知识的模型、明确核心观念等方法有助于科学教师深化理解相关的科学知识。^[4]

研究者利用多种方法获取教师的学科知识,主要包括以下3类:①纸笔测试,包括通过概念判断探查教师是否有错误概念,通过多项选择和解释探查教师学科概念的完整性,通过解释现象、绘制概念图等方式系统探查教师的学科知识;②课堂观察,如直接观察教师在教学中的错误、教师解释概念的方式等;③访谈,包括让教师解释科学现象、回应教学中的错误认识、评价学生的答案/概念图等。

(二) 科学教师的学科教学知识

自从Shulman提出学科教学知识(PCK)是教师知识的重要组成部分以后,研究者开展了大量相关的研究,科学教师教育的研究中关注点有:①PCK的构成;②PCK的探查工具;③PCK的发展研究。

1. PCK的构成要素

现在受到广泛应用的是Magnusson等^[5]提出的PCK的5个要素:科学教学的方向、学生科学理解的知识、科学课程的知识、科学指导策略的知识、科学评估的知识。具体的研究根据对象可以分为以下2类:单一PCK要素的研究、多个PCK要素的关系研究。

对单一PCK要素的研究长期受到研究者的关

注,分类整理如下:①科学教师的教学取向方面,研究者提出了多个教学取向,发现即便教师支持某种教学取向(如探究教学、基于科学本质的教学等),但教学实践并不一致。^[6]②学生理解的知识方面,研究发现教师缺乏学生科学观念的知识,对学生的错误认识不了解。^[7]③在课程知识方面,研究者发现科学教师对课程材料的变化范围不熟悉,也不重视教材。④在科学指导策略的知识方面,研究者发现随着教龄增长,教师的科学指导策略逐渐丰富,如能够用更概括的案例、能提供更多具体的操作方案等。⑤在科学评估方面,研究者发现缺乏科学评估的知识影响教师的教学实践,但现在研究中还缺乏教师针对学生已有知识进行评估的工具。

对多个PCK要素之间的关系研究近年来受到了研究者的关注。研究发现,教师关于学生理解的知识(迷思概念、学习障碍点)有助于其PCK的发展;教师缺少科学课程的知识会限制其科学指导策略的知识,而且教师的科学教学取向和对学生的理解的知识也影响教师科学指导策略。^[8]Park和Chen^[9]发现PCK构成的相互关系随着内容主题而变化,学生理解和指导策略的知识处于中心,与其他要素的联系更密切,也发现评估知识常与学生学习的知识有更多的联系。

2. PCK的探查工具

由于教师的PCK具有内隐性,所以研究者致力于寻找可以有效探查教师PCK的方法和工具。已有研究采取的主要方法有:让教师进行教学设计、利用相关的量表、使用标准化测试以及综合分析等方法。

(1) 让教师进行教学设计。在这种方法中教师首先进行教学设计,研究者分析教师设计过程中用到的课程资料,并通过采访外显其指导策略和评估的知识;也有研究者基于教师的设计让其进行前后测获取教师评估的知识,或者让教师进行反思来获取教师的PCK。^[10]

(2) 利用相关的量表。Loughran^[11]发展了CoRes(Content Representation,内容表征图表)和PaP-eRs(Pedagogical and Professional experience Repertoires,教学及专业经验报告)两种量表获取教师的PCK。CoRes通过采访获得教师的学科知识、教学策略知识和学生理解知识等,用于外显教师的理解;PaP-eRs以课堂观察和教师采访为基础定性描述教师的PCK。

(3) 使用标准化测试。Schmelzing^[12] 构建了一套调查教师 PCK 的题目, 共 2 组, 一组题目中给出概念, 让教师罗列学生可能的错误观念来探查教师对学生理解的知识; 另一组题目中呈现一个教学案例, 让教师进行评价来探查教师评估、教学策略方面的知识。

(4) 综合利用多种手段。常见的方式是课堂观察 + 访谈/教师资料收集的方式, 研究者观察教师在课堂中应用到的相关知识, 并在课后让教师解释教学实施背后的思考, 或者与教师讨论学生存在困难的问题、选择合适的问题等方式系统获取教师的指导策略等方面的知识; 也有研究者在课堂观察之后, 通过给教师呈现学生的考试答案让其进行评价获取教师评估的知识。^[13]

3. PCK 的发展

根据研究对象划分, 发现研究者分别关注职前教师和在职教师的 PCK 发展。

(1) 职前科学教师 PCK 的发展

研究者提出以下方法可以促进职前科学教师 PCK 的发展^[3]: ①观察有经验的教师的授课, 这种方式可以帮助职前科学教师积累提问方式, 了解学生已有知识及课堂行为, 发展其课程知识以及学生理解的相关知识; ②设计并授课, 或构建知识框架, 如 Loughran^[14] 让职前教师设计自己的 CoRe 和 PaP-eRs 的框架, 发现他们形成了更多复杂的思考并对科学教学的理解概念化了; ③与指导者交流, 这种方法可以帮助职前教师深理解学科知识, 并获得教学策略的知识, 如 Loughran 发现职前教师与指导教师合作, 讨论并修正他们的 CoRes (内容表征图表), 可加深他们对 PCK 构成的理解; ④反思, 研究发现书面报告和集体会议中的经验分享等反思活动都可以促进职前教师 PCK 的发展; ⑤参加工作坊, 研究发现让职前科学教师在工作坊中开展与教学相关的任务, 如查阅文献、开展研究, 能够帮助职前科学教师获得学生理解的相关知识。

(2) 在职科学教师 PCK 的发展

研究者主要关注以下 2 种背景下在职教师的 PCK 发展: ①教育改革下的 PCK 发展, 研究者主要关注什么样的培训课程能够帮助科学教师更好地获得 PCK, Park^[15] 研究了国家培训过程下的教师 PCK 发展, 发现让教师分析并表达他们的教学决策和行动是一种培训 PCK 有效的方式, 也有研究者发现大部分培训后科学教师发展了 PCK, 但并未将

其有效地融入教学实践中。②专业发展项目下的 PCK 发展, 研究者多基于教学实践和教师反思/交流来发展教师的 PCK, 如 Van Driel^[16] 在一个工作坊中让科学教师经历了四至五次会议, 第一次讨论课程和实验设计、并根据学生情况设计教学反馈, 之后二至三次交流实际授课的经验, 最后一次教师反思并交流个人经历, 研究者呈现研究结果, 发现科学教师的 PCK 经过上述过程得到了明显发展。

二、科学教师的观念研究

已有科学教师教育的研究发现, 教师的观念和态度影响教师的发展, 研究者开展了大量研究, 主要关注于以下 2 个方面: 教师观念的转变研究、探查教师观念的工具研究等。

研究者提出了教学观念包括的内容有以下 4 种:^[8] ①科学观念, 即教师对科学本质的理解; ②自我观念, 即自我效能感, 是指相信自己有能力组织和管理课堂的信念; ③教学观念, 常见的教学观念有探究观、基于科学问题的教学观 (驱动性问题的科学教学观)、科学本质的教学观; ④学生观念, 即教师对于学生的观念, 如教师对学生在课堂中的角色的认识等。

(一) 教师观念的转变研究

对教师观念转变的研究按照对象可分为职前教师和在职教师。研究者发现年轻教师会更积极转变观念, 因此将在职教师细分为新手教师和有经验的教师 2 个对象。按研究对象整理已有研究如下:

(1) 职前教师。研究者发现职前教师学习科学探究的课程能帮助职前教师转变对学生的观念, 帮助他们意识到学生应该是积极参与的科学学习者; 也有研究者发现帮助职前教师明确有效的教师的特点、让职前教师学习经验都能发展其教学观念; 深入理解科学本质、开展微课 (成功的教学经验)、合作学习、拓展的实习经历、开设科学方法的课程都能帮助职前科学教师提升教学效能感。^{[17][18]}

(2) 新手教师。研究者主要关注教师发展项目对新手教师教学观念的发展作用, 如在一个以探究的方法及教学为主题的专业发展项目中, 教师的观念逐渐向学生导向的学习和课堂探究转变。^[19] Forbes^[20] 追踪了 4 个小学新手教师入职后的前 3 年, 通过给教师提供探究取向的课程材料、在线讨论和反思日记等工具, 实现了新手教师的教学观念向促进学生有意义建构的转变。

(3) 有经验的教师。研究者也主要关注教师发展项目对在职教师教学观念的影响,研究者发现在专业发展项目中让教师针对课程材料进行讨论,学习某种教学模式并进行课堂实施和课后反思,专家指导、开展研究^[21]等方法均能发展教师的教学观念;也有研究者发现小学科学教师参与长期、大量(每年超过100小时)的科学专业发展项目后自我效能感明显提高。^[22]

(二) 教师观念的探查

研究者构建了大量量表来准确探查教师的观念。比较经典的有 Enochs 和 Riggs^[23]1990 提出的科学效能观念工具——STEBI,它是一个教师教学能力认同度和学生学习能力认同度的5级量表。Lumpe^[24]构建了科学教学的背景观念(the context beliefs about teaching science)的工具探查了教师对教学方法、课程、社会支持、资源、课堂时间及准备时间等的观念。Barnby^[25]则构建了从学校的科学学习、自己的科学概念、科学的实践工作、校外的科学、科学的重要性5方面探查教师的科学观念的工具。Lederman 等分别构建了小科学本质观(小学版)(VNOS-D2)和科学探究观(小学版)(VOSI-E)来评估小学科学教师的相关观念。^[26]

研究者通常使用半结构化的采访、各类型的记录——教师反思日记、开放问题的调查问卷、课堂观察、研究者的笔记等方法获取教师的观念。

三、科学教师的教学实践研究

在科学教师的教学实践研究中,研究者主要关注:具体主题下的教学实践、教学实践的转变及其影响因素的内容。不同阶段的教师,由于知识和经验积累的程度不同,因而学习特征和需求不相同,教学实践的转变不同,所以研究者针对不同阶段的科学教师(师范生、新手教师和有经验的教师)的特征,提出了适合的教学实践转变方法。

(一) 具体主题下的教学实践研究

不同研究者分析了不同取向下的教学实践,如探究教学、科学本质教学、实际问题的教学、以学生为中心的教学、促进理解的教学等,但探究教学和科学本质的教学取向下科学教师的教学实践更受研究的青睐。

在探究教学的取向下,研究者发现教师在探究教学的实践中更重视培养学生基本的技能,而不重视探究的特征和学生对探究的理解。也有研究者分

析了基于探究的科学教学实践较难实施的原因^[3]:第一,基于探究的课堂要求教师扮演指导者、合作者、学习者等不同角色;第二,教师需要整合理解学科知识(科学本质及其变式)、教学知识和PCK;第三,教师效能感和学生成熟度阻碍以学生为中心的教学。也有研究者提出在教师专业发展的项目中让教师设计基于探究的教学计划,给教师提供权威的探究经验,提升教师的学科知识均有助于教师实施基于探究的教学。

在基于科学本质的教学实践中,研究者提出让职前教师在相关课程中开展行动研究,并在课堂中就科学定义展开讨论并撰写反思报告等方式有助于职前科学教师开展基于科学本质的教学实践。^[27]

(二) 职前教师的教学实践转变

研究者发现职前教师的学习受到其在学校的科学学习经历和指导教师的影响,他们刻意避免用不同于他们学习经验的方法进行教学。^[28]因此教师教育项目应该帮助教师突破已有经验、寻找新的角度重新认识教学。针对以上两个职前教师的学习特征,研究者也提出两种有效的学习策略:从经验中学习和基于反思的学习。

研究发现反复提示教师聆听学生有助于教师教学实践的转变,同时发现思考教学观念与教学实践之间的不同也能促进教师转向以学生为中心的教学实践。也有研究者提出职前教师评价并修正教学计划有助于实施更有效的教学实践。^[29]

(三) 新手教师的教学实践转变

研究者发现新手教师在教学观念、教学策略、教学知识等方面都存在挑战:他们多进行孤立的教学,且缺乏驾驭课堂的经验,在分析教学本质、应对教学突变中存在困难,急需将知识转变成实践,并应对从职前教师向新手教师身份的转变。有研究者提出新手教师在这个过渡期间定期反思遇到的问题对其教学实践的转变很重要,该过程中逐步实现教师PCK与教学实践的一致性,也有研究者发现让新手教师与其他教师进行分享学习、接受有经验的同事的指导均可以促进其教学实践的发展^[8]。Wang J则提出教师教育者的指导能改变教师的教学观念和教学实践,社会、文化以及学校的组织背景都会影响其实施效果。^[30]

(四) 有经验的教师的教学实践

研究者发现有经验的教师对自我教学(教学知

识和教学实践)的认识具有内隐性,需要将其外显才能使教师教育者与教师更好地针对教学进行讨论和交流。研究者经过实证研究提出了大量的外显教学实践特征的方法:让一线教师与科学教育研究者合作(研究者可以外显教学实践的本质及教师教学实践的现状),与其他教师进行讨论交流,让教师处于学习者的地位(积累教师关于学生的知识),课堂教学后教师撰写反思报告等。

因此研究者也会在教师培训项目中综合利用多种方法发展教师的教学实践。Bobby^[31]提出能够有效促进教师转变教学实践的专业发展应该具有3个特征:①深度的学科知识,并让教师多次应用整合后的科学研究技能实现能力提升;②教师通过实际的、可评估的方式展示其教学实践,并且形成问责制;③教师教育者对教师学习有高期望,且专家具有丰富的教学经验。Chowdhary^[32]等发现在一个ISEP培训项目中,教师经过解释概念、反思、参与教学研究、与学科专家讨论教学策略并开展教学实施等过程,发展了教学实践。

四、科学教师教育政策

已有研究中研究者主要探查了科学教育改革和科学教师教育标准对科学教师教育的影响。

在科学教育改革对科学教师教育的影响方面,Gili^[33]发现在基于改革的数学和科学教师培养项目中,教师能保持在该项目中学到的基于改革的信念。Amber^[34]研究了改革背景下教师是怎样利用并适应一系列的课堂材料,发现教师实施了科学教育改革各类型的课堂实践,但与课程材料的安排有差异。Larry^[35]研究了学生、学校和家长对小学科学教育的观点,发现新的教育改革受到了普遍的欢迎。

研究者也探讨了科学教师培养标准(NATA-SSTP)对教师教育的影响。Rita Hagevik^[36]认为NATA-SSTP给科学教师培养项目提供了指导,并发现在相关的教师培训后,职前教师在教学设计中展示了NATA-SSTP要求的学科概念及PCK的相关知识和能力。Bybee^[37]介绍了下一代科学标准对科学教师的要求,如新增了对教师工程技术方面的能力要求。

五、教师作为研究者的研究

研究者提出教师作为研究者主要有3种形式:

反思性实践(不需要特定的研究计划或设计,但包括一些设定的要素,如对教学反思的书面叙述)、行动研究(经过设计的、有预期实践发展目标的研究,一般以设计好的问题和步骤进行独立研究)和定性探究(研究的问题可以随着研究过程而发生变化)。已有的相关研究主要探查了教师作为研究者对教师学习的影响,尤其是教师作为研究者对教师教学实践的影响。

(一) 职前教师作为研究者

研究发现,职前教师作为研究者可以转变职前教师的角色,从原有的课堂旁观者转变为主动的学习者和研究者:①作为学习者的角色会帮助教师建构科学教学新知识,并开展真实的学习或探究活动,构建自己的新经验;②作为研究者的角色,使得教师开始研究自己的实践,而不是简单观察其他教师的实践,增加了教师开展不同科学教学的经历,在经验的基础上总结并反思,更易实现教学实践的转变。

不同学者对职前教师作为研究者开展了大量的实证研究,整理发现各种方法均旨在帮助职前教师在以下3方面得到发展:^[3]①了解学生的观点,如职前教师访谈学生的科学观点、组织学生讨论、评估学生学习,对学生学习进行反思;②获取先进的教学观念并实施,如职前教师在研究的基础上进行教学设计,并收集教学实践中的数据进行分析;③与教师教育者交流获取教学策略,如职前教师与教师研究者共同合作进行实践研究,并在交流中反思自己的教学设计或教学实践。也有研究者提出让职前教师开展研究,有助于职前教师形成研究的习惯,提高了研究者继续学习的可能性,对职前教师的专业发展有帮助。

(二) 在职教师作为研究者

已有研究发现:将在职教师置于研究者的位置,教师能从理论分析自己的教学实践中的不足,教学研究的结论也能更好地被教师在教学实践中实施。而且教师开展行动研究能够提升教师的推理能力,并帮助教师监控自己的教学实践。^[3]

经过实证研究,研究者提出要实现教师教学实践的转变,必须同时进行理论研究和团体的教学实践,并且产生新的知识和理解。^[38]也有研究发现以下方法对在职教师的教学实践有影响:让在职教师继续提升自己的科学知识并针对科学教学中的问题展开研究,与教师教育者合作进行有理论指导的教

学实践,对研究结果进行书面总结和交流等。研究者提出在一个教师专业发展项目中,让教师经历书写研究计划明确要研究的问题等,之后通过阅读行动研究的文献并设计数据收集的方法,然后开展教学实践并每周交流研究中碰到的问题,最后在学期末汇报研究结论,发现教师的教学实践确实得到了发展。^[39]

为了研究教师作为研究者对教师教学实践的影响,研究者通常采用的研究方法有:让教师反思教学实践并形成书面报告,教师设计具体主题下的教学设计并与其它教师及教师教育者交流,教师先整理已有研究并应用来开展行动研究等。为了证明教师作为研究者对教学实践的影响,研究者主要利用学生学习成绩表现、课堂观察、教师反思的报告或日志、课堂讨论的文本分析、采访教师等方式收集证据,但由于教师研究常在其他方式的协同作用下促进教师的教学实践转变,现有的证据还不能直接证明教师作为研究者确实促进了教学实践的转变,还需要收集更直接的证据。

[参考文献]

- [1] Shulman L S. Those who understand: Knowledge growth in teaching [J]. *Educational researcher*, 1986: 4 - 14.
- [2] Mishra P, Koehler M. Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge [J]. *The Teachers College Record*, 2006, 108 (6): 1017 - 1054.
- [3] Abell S K, Lederman N G. *Handbook of research on science education* [M]. Lawrence Erlbaum Associates, 2007: 1274 - 1534.
- [4] Danusso L, Testa I, Vicentini M. Improving prospective teachers' knowledge about scientific models and modelling: Design and evaluation of a teacher education intervention [J]. *International Journal of Science Education*, 2010, 32 (7): 871 - 905.
- [5] Magnusson S, Krajcik J, Borko H. Nature, sources, and development of pedagogical content knowledge for science teaching [A]. *Examining pedagogical content knowledge* [C]. Springer, 1999. 95 - 132.
- [6] Friedrichsen P, Driel J H V, Abell S K. Taking a closer look at science teaching orientations [J]. *Science Education*, 2011, 95 (2): 358 - 376.
- [7] McNay M. Teachers' Responses to Original Research in Children's Science [J]. *Journal of Science Teacher Education*, 1991, 2 (3): 57 - 60.
- [8] Lederman N G, Abell S K. *Handbook of Research on Science Education, Volume II* [M]. Routledge, 2014: 824 - 924.
- [9] Park S, Chen Y. Mapping out the integration of the components of pedagogical content knowledge (PCK): Examples from high school biology classrooms [J]. *Journal of Research in Science Teaching*, 2012, 49 (7): 922 - 941.
- [10] Gullberg A, Kellner E, Attorps I, et al. Prospective teachers' initial conceptions about pupils' understanding of science and mathematics [J]. *European Journal of Teacher Education*, 2008, 31 (3): 257 - 278.
- [11] Loughran J, Mulhall P, Berry A. In search of pedagogical content knowledge in science: Developing ways of articulating and documenting professional practice [J]. *Journal of research in science teaching*, 2004, 41 (4): 370 - 391.
- [12] Schmelzing S, van Driel J H, J U Ttner M, et al. Development, evaluation, and validation of a paper-and-pencil test for measuring two components of biology teachers' pedagogical content knowledge concerning the "cardiovascular system" [J]. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2013, 11 (6): 1369 - 1390.
- [13] Kind V. Pedagogical content knowledge in science education: perspectives and potential for progress [J]. *Studies in science education*, 2009, 45 (2): 169 - 204.
- [14] Loughran J, Mulhall P, Berry A. Exploring pedagogical content knowledge in science teacher education [J]. *International Journal of Science Education*, 2008, 30 (10): 1301 - 1320.
- [15] Park S, Oliver J S. National Board Certification (NBC) as a catalyst for teachers' learning about teaching: The effects of the NBC process on candidate teachers' PCK development [J]. *Journal of Research in Science Teaching*, 2008, 45 (7): 812 - 834.
- [16] Van Driel J H, Verloop N. Experienced teachers' knowledge of teaching and learning of models and modelling in science education [J]. *International Journal of Science Education*, 2002, 24 (12): 1255 - 1272.
- [17] Andersen A M, Dragsted S, Evans R H, et al. The Relationship Between Changes in Teachers' Self-efficacy Beliefs and the Science Teaching Environment of Danish First-Year Elementary Teachers [J]. *Journal of Science Teacher Education*, 2004, 15 (1): 25 - 38.
- [18] Czerniak C M, Haney J J. The Effect of Collaborative Concept Mapping on Elementary Preservice Teachers' Anxiety, Efficacy, and Achievement in Physical Science [J]. *Journal of Science Teacher Education*, 1998, 9 (4): 303 - 320.

- [19] Hutchins K L , Friedrichsen P J. Science Faculty Belief Systems in a Professional Development Program: Inquiry in College Laboratories [J]. *Journal of Science Teacher Education* , 2012 , 23 (23) : 867 - 887.
- [20] Forbes C T , Davis E A. Beginning elementary teachers' beliefs about the use of anchoring questions in science: A longitudinal study [J]. *Science Education* , 2010 , 94 (2) : 365 - 387.
- [21] Miranda R J , Damico J B. Science Teachers' Beliefs about the Influence of their Summer Research Experiences on their Pedagogical Practices [J]. *Journal of Science Teacher Education* , 2013 , 24 (8) : 1241 - 1261.
- [22] Lumpe A , Czerniak C , Haney J , et al. Beliefs about teaching science: The relationship between elementary teachers' participation in professional development and student achievement [J]. *International Journal of Science Education* , 2012 , 34 (2) : 153 - 166.
- [23] Enochs L G , Riggs I M. Further development of an elementary science teaching efficacy belief instrument: A pre-service elementary scale [J]. *School science and mathematics* , 1990 , 90 (8) : 694 - 706.
- [24] Lumpe A T , Haney J J , Czerniak C M. Assessing teachers' beliefs about their science teaching context [J]. *Journal of research in science teaching* , 2000 , 37 (3) : 275 - 292.
- [25] Barnby P , Kind P M , Jones K. Examining changing attitudes in secondary school science [J]. *International journal of science education* , 2008 , 30 (8) : 1075 - 1093.
- [26] Capps D K , Crawford B A. Inquiry-Based Instruction and Teaching About Nature of Science: Are They Happening? [J]. *Journal of Science Teacher Education* , 2013 , 24 (3) : 497 - 526.
- [27] Scharmann L C , Smith M U , James M C , et al. Explicit Reflective Nature of Science Instruction: Evolution , Intelligent Design , and Umbrellaology [J]. *Journal of Science Teacher Education* , 2005 , 16 (1) : 27 - 41.
- [28] Richardson V. The role of attitudes and beliefs in learning to teach [J]. *Handbook of research on teacher education* , 1996 , 2 : 102 - 119.
- [29] Duncan R G , Pilitsis V , Piegario M. Development of Pre-service Teachers' Ability to Critique and Adapt Inquiry-based Instructional Materials [J]. *Journal of Science Teacher Education* , 2009 , 21 (1) : 81 - 102.
- [30] Wang J , Odell S J , Schwille S A. Effects of Teacher Induction on Beginning Teachers' Teaching [J]. *Journal of Teacher Education* , 2008 , 59 (2) : 132 - 152.
- [31] Jeanpierre B , Oberhauser K , Freeman C. Characteristics of professional development that effect change in secondary science teachers' classroom practices [J]. *Journal of Research in Science Teaching* , 2005 , 42 (6) : 668 - 690.
- [32] Chowdhary B , Liu X , Yerrick R , et al. Examining Science Teachers' Development of Interdisciplinary Science Inquiry Pedagogical Knowledge and Practices [J]. *Journal of Science Teacher Education* , 2014 , 25 (8) : 865 - 884.
- [33] Marbach-Ad G , McGinnis J R. To what extent do reform-prepared upper elementary and middle school science teachers maintain their beliefs and intended instructional actions as they are inducted into schools? [J]. *Journal of Science Teacher Education* , 2008 , 19 (2) : 157 - 182.
- [34] Bismack A S , Arias A M , Davis E A , et al. Connecting curriculum materials and teachers: Elementary science teachers' enactment of a reform-based curricular unit [J]. *Journal of Science Teacher Education* , 2014 , 25 (4) : 489 - 512.
- [35] Yore L D , Anderson J O , Shymansky J A. Sensing the impact of elementary school science reform: A study of stakeholder perceptions of implementation , constructivist strategies , and school-home collaboration [J]. *Journal of Science Teacher Education* , 2005 , 16 (1) : 65 - 88.
- [36] Hagevik R , Veal W , Brownstein E M , et al. Pedagogical content knowledge and the 2003 science teacher preparation standards for NCATE accreditation or state approval [J]. *Journal of Science Teacher Education* , 2010 , 21 (1) : 7 - 12.
- [37] Bybee R W. NGSS and the Next Generation of Science Teachers [J]. *Journal of Science Teacher Education* , 2014 , 25 (2) : 211 - 221.
- [38] Capobianco B M , Feldman A. Promoting Quality for Teacher Action Research: Lessons Learned from Science Teachers' Action Research [J]. *Educational Action Research* , 2006 , 14 (14) : 497 - 512.
- [39] Cox-Petersen A M. Empowering Science Teachers as Researchers and Inquirers [J]. *Journal of Science Teacher Education* , 2001 , 12 (12) : 107 - 122.

(本文责任编辑: 吴 娱)