

美国初任科学教师专业发展支持项目的 实践路径与行动逻辑研究

马冠中*

(南京大学教育研究院, 南京, 210023)

摘要: 在当前科学教育改革的背景下, 初任科学教师的专业发展面临诸多挑战。本研究聚焦美国初任科学教师的专业发展支持项目, 旨在分析其实践路径与行动逻辑, 探讨该项目如何推动教师专业成长与科学教育改革的实施。研究结果发现, 该项目的实施主要通过三个实践路径——实践导向的职后培训、协作式教师培训、行动研究与反思实践。同时, 项目的行动逻辑包括三个关键机制: 科学教师专业发展与教师教育研究的双向促进, 科学家、科学研究资源与教师教育工作者的多元协同, 持续支持与职业发展网络的双重建构。这些实践路径与行动逻辑不仅提升了初任科学教师的教学能力, 也为我国科学教师专业发展提供了有益的参考和启示。

关键词: 美国; 科学教师; 初任教师; 专业发展; 专业发展支持项目

在我国推进高质量教育体系建设与强化自主科技创新能力的政策语境中, 科学教师专业发展被置于教育质量提升与人才培养体系优化的关键位置。^[1] 相关政策与重要论述反复强调科技创新对国家发展的支撑作用, 而科学教育质量则直接关联这一支撑能否持续转化为人才供给与能力积累。作为教师职业发展链条的起点, 初任科学教师的培养不仅关系到高质量人才培养战略在基础教育阶段的落地效果, 也将通过课堂教学实践对学生科学素养与创新能力的形成产生长期影响。^[2] 但从现实运行看, 我国初任科学教师在进入岗位后的专业成长仍面临支持体系不足的问题: 在职培训与持续支持机制尚不完善, 培训内容与课堂情境、教学任务之间存在一定距离, 导致初任教师在适应与胜任过程中承受较大压力。^[3] 在科学教育改革不断深化的背景下, 如何形成更具连续性与针对性的支持方式, 帮助初任教师应对课堂教学中的复杂情境, 已成为需要正面回应的现实议题。^[4]

* 马冠中, guanzhongma@hotmail.com。

在全球科技竞争加剧的背景下，各国普遍将科学教育视为创新人才培养的重要基础，并据此调整教师培养与支持策略，以增强科学教师的专业能力与课程实施质量。美国较早开展教师专业发展研究与制度实践，在初任科学教师支持方面形成了较为成熟的项目经验：通过结构化的支持安排，缓解教师职业初期的适应困境，并为其后续专业成长提供持续资源与组织保障。基于此，本研究选取美国初任科学教师专业发展支持项目为研究对象，围绕其产生动因、实践路径与行动逻辑展开分析，旨在为我国当前科学教师队伍建设与初任教师支持体系完善提供可讨论的参照。

一、美国基于项目促进初任科学教师专业发展的动因

美国面向初任科学教师设置专业发展项目，并非偶然的制度选择，而是多重因素叠加后的结果：第一，科学教育改革持续推进，对课堂教学提出了新的规范性要求；第二，初任教师对入职初期的专业适应与能力建构存在明确需求；第三，美国科学教师教育长期形成的培养传统，为以项目方式提供持续支持奠定了组织与制度基础。上述因素共同作用，使相关项目得以长期运行，并在实践中不断调整与完善。

（一）政策推动：项目的背景与必要性

科学教育改革带来的政策要求，是促成初任科学教师专业发展项目开展的直接背景。2013年，美国国家研究委员会发布《科学教育的框架：K-12 教育》（*A Framework for K-12 Science Education*），为“下一代科学教育标准”（Next Generation Science Standards, NGSS）的制定提供了重要依据，并对科学教育的核心内容与教学实践提出了更明确的方向。NGSS 以三维学习为目标，强调科学与工程实践、跨学科概念与学科核心概念之间的整合，进而要求教师能够围绕真实现象设计探究性学习任务，并引导学生开展基于证据的推理与解释，以回应更复杂的学习要求。

但从教师实施层面看，这类改革要求在职业初期往往难以被顺利转化为可操作的课堂实践。已有研究显示，初任科学教师在应对探究式教学设计等关键任务时更容易出现能力短板与适应困难。^[5-6] 在这一背景下，美国以专业发展项目为载体，为初任教师提供更具连续性与针对性的支持，帮助其在职业早期建立实施改革所需的核心教学能力，从而在系统层面降低改革落地的阻力，并促进 NGSS 的实施推进。

（二）初任科学教师的专业发展需求：项目支持的必要性

初任科学教师在入职初期呈现出的专业发展需求，为专业发展项目提供了持续的现实动力。既有研究结果普遍指出，初任教师在若干关键教学任务上更容易出现能力缺口，主要集中在科学探究教学的组织实施、课程开发以及课堂管理等方面。就探究教学而言，一些初任教师难以在课堂中设计能够引发学生持续思考的探究任务，也缺乏在教学过程中支持学生完成科学问题分析、证据推理与解释建构的具体策略。^[7-8] 在课程层面，初任教师将相对复杂的科学概念转化为学生可理解、可操作的学习活动时，往往缺少稳定的方法框架与经验支撑，从而影响教学内容的组织逻辑与学习深度。^[9]

教师自陈数据进一步呈现了这种能力缺口的具体落点。例如，不少初任科学教师表示自己在进行科学探究教学时感到吃力，他们反映的困难常集中在探究活动的设计和实施（如如何提出科

学问题、如何组织实验过程、如何引导学生提出科学解释),以及如何将科学探究与跨学科内容结合等方面。^[10]同时,课堂管理问题在职业初期也具有较高的普遍性:60%的初任教师将其视为主要挑战,且在面对学生需求差异较大、课堂情境更为复杂的情况下,教学组织与管理能力不足的问题更容易凸显。^[11]在此背景下,美国的专业发展项目通常以较为结构化的方式介入:通过安排探究体验、课程开发训练与课堂适应支持等模块,向初任教师提供可迁移的教学工具与可操作的实践策略,缩短从进入岗位到能够稳定开展课堂教学的过渡期,并以此提升科学课堂教学的整体质量。^[12-13]

(三) 基于项目的专业发展传统:体系的历史延续

美国较为稳定地采用项目化支持促进初任科学教师专业成长,这与其长期形成的教师专业发展传统及较为系统的培养体系密切相关。在这一体系中,教师专业发展被视为贯穿职前与在职阶段的连续过程,而初任阶段通常被明确为职业发展链条中需要重点支持的关键时期。^[14]相应地,职前教育主要承担理论与基本能力奠基的功能,而入职后的项目支持则更侧重回应课堂实践中的真实难题,弥补从理解教学理念到在具体情境中实施的落差。

从制度延续性与规模覆盖看,面向初任科学教师的专业发展支持项目已持续运行超过30年,参与人数与覆盖范围较为可观:每年约有20000名初任教师参与,覆盖美国50个州与数千所学校,逐步形成相对广泛的支持网络。^[15-16]在内容安排上,这类项目往往不仅提供探究教学与课程开发方面的训练,也将多元学生情境下的教学适配纳入支持重点,例如通过文化响应能力的提升,推动教师形成更具包容性的课程设计,使不同背景学生能够进入并参与科学学习。就运行方式而言,项目常以持续评估与合作学习网络为重要组织形式,通过反馈机制、同伴协作与资源共享,支持初任教师在课堂管理、探究实施与课程开发等方面持续调整与改进,从而把短期培训转化为持续支持的成长过程。整体上,这种以项目为载体的专业发展传统之所以能够延续,关键在于它将改革要求与课堂实践之间的转化压力分解为可获得、可持续、可反馈的支持安排,也因此为其他国家讨论初任教师支持体系提供了具有比较价值的经验材料。

二、初任科学教师专业发展支持项目的实践路径

初任科学教师的专业发展具有显著的情境性与累积性,既涉及专业知识与教学技能的增长,也包含教学策略的形成与自我反思能力的稳定化。要在职业初期有效支持这种发展,仅依靠一次性培训往往难以满足需求,更需要一个能够持续供给资源、促成实践改进并形成反馈的支持系统。美国面向初任科学教师的专业发展支持项目通常将三类支持路径整合为相对完整的系统安排——实践导向的职后培训、合作式教师培训,以及行动研究与反思实践。三者分别对接初任教师在课堂教学中的不同需求,并通过资源、案例与证据的流动形成关联,从而构成一个相对清晰的教师发展框架(图1)。

第一,实践导向的职后培训。此类培训的重点不在于补充抽象理论,而在于为初任教师提供将理念与方法转化为课堂行为的支架。课堂观摩、教学案例分析与专题研讨等活动,使教师能够接触更具体的教学策略与课堂处理方式,并在讨论与回顾中学习如何进行基于证据的自我评估。更重要的是,这一过程往往促使教师形成对教学问题的敏感性:他们开始能够识别自己在课堂管

理、教学设计与学习评价等方面的薄弱环节，并将困惑具体化为可描述的课堂情境与可追踪的改进目标。由此产生的问题线索与实践记录，也为后续开展行动研究与反思实践提供了更可依凭的起点与材料基础。

第二，合作式教师培训。合作式培训强调把教师学习置于同行互动之中，通过同伴观察、团队讨论与跨学科协作等方式，降低初任教师在职业早期独自摸索的成本。在这一支持结构中，教师不只是在交流经验，更是在比较不同做法的效果与条件：同伴反馈能帮助初任教师看到自身课堂中的盲点，也能提供替代性策略与判断依据，从而推动其对教学内容组织、课堂活动安排与学生参与方式的理解走向更具体、更可操作。与此同时，合作过程会不断生成可供分析的真实案例与方法资源，这些材料既可用于后续的职后培训（作为讨论对象与示范样例），也可为行动研究与反思实践提供问题界定与方案设计的参照。

第三，行动研究与反思实践。行动研究与反思实践将改进课堂，将其转化为一种可持续推进的工作方式：教师围绕自身教学情境，进行持续的反思、记录与数据收集，进而识别问题、提出改进方案并在课堂中验证调整效果。在这一过程中，教师的教学实践不仅是执行对象，也是分析对象。行动研究的价值不止于解决单个问题，更在于促使初任教师逐步形成自我评估与持续改进的能力——能够把课堂中的复杂性转译为可分析的变量与证据，并据此进行策略迭代。与此同时，行动研究产生的过程性证据与经验沉淀，也会反过来成为培训与协作的重要资源，为后续的讨论与支持提供更贴近课堂的依据。

需要强调的是，这三条路径并非并列的模块，而是在运行中呈现出相互依托的关系。实践导向的职后培训为教师提供进入课堂改进的工具与视角，使问题识别更具体，也使行动研究更容易找到可操作的切入点；合作式教师培训通过同伴互动与共同分析，把个体经验转化为可比较、可修正的知识，从而为培训与行动研究提供更丰富的案例与反馈视角；行动研究与反思实践则把培训中获得的方法与合作中形成的建议带回课堂，通过实践验证与证据积累，进一步推动培训内容与合作方式的更新。三者之间由“问题线索—支持资源—证据反馈”串联起来，使初任教师的学习不局限于单次活动，而能够在多轮循环中持续推进。

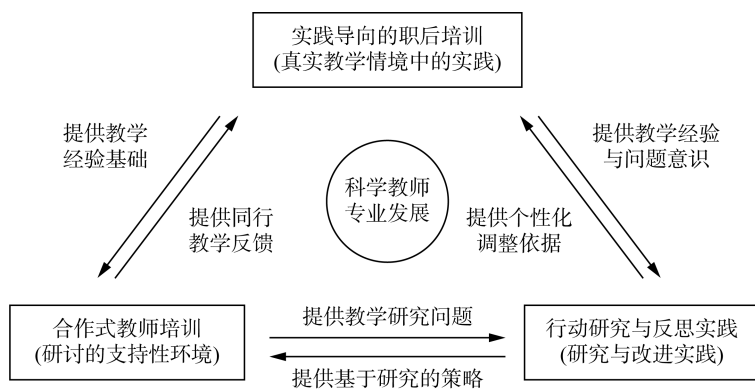


图1 美国初任科学教师专业发展支持项目的实践路径及其联系

以下从培养目标、内容体系、实施策略和评价方法四个方面阐述美国初任科学教师专业发展支持项目的实践路径。

（一）初任科学教师专业发展支持项目的培养目标

美国面向初任科学教师设置的专业发展支持项目，通常以帮助教师理解并落实 NGSS 为目标主轴。其关注点并不止于熟悉标准文本，而是面向初任教师入职早期的真实教学情境，支持其逐步形成能够支撑改革实施的专业能力结构。由此形成的培养目标，往往覆盖探究教学与推理实践、跨学科整合与课程开发、基于证据的教学决策，以及文化响应与社会责任等方面，呈现出较为系统的能力指向。

第一，这类项目通常把理解三维学习作为基础性目标，强调初任教师需要把 NGSS 的三维框架——科学与工程实践、跨学科概念、学科核心概念——从理念层面的要求转化为可操作的课堂设计与教学行动。其关键不在于记住三维框架的构成，而在于能够围绕现象组织教学、让学生在活动中经历实践与推理，并在此过程中实现概念理解的累积。已有研究指出，初任教师在把 NGSS 的复杂要求转化为教学决策时容易出现理解与实施之间的断裂；相应地，专业发展项目往往通过课程学习与实践参与相结合的方式，帮助教师抓住标准的核心意图，并在具体教学中加以运用。^[17-18]

第二，在落实标准的基础上，项目进一步指向初任教师的关键教学能力建构，即支持其形成实施 NGSS 所需的核心素养。探究教学能力在其中具有枢纽意义：教师需要能够引导学生提出问题、设计与实施探究、分析数据，并据此形成基于证据的解释与结论。同时，NGSS 对科学与工程、技术与数学之间的关联提出更明确的要求，也意味着教师需要具备跨学科视角下的课程设计与资源整合能力。围绕这些能力，项目往往通过真实探究参与、课程设计指导与资源开发训练等支持形式，促成初任教师在“会教”层面的具体增长。^[19-20]

第三，项目还通常把弥补职业初期的实践短板作为直接目标，尤其聚焦初任教师在课堂实施层面的困难：例如，缺少经验导致难以设计与实施符合 NGSS 要求的现象驱动课程，在课堂组织与管理上不够稳定，或在多元学生情境下缺乏文化响应的教学策略。为回应这些问题，项目常采用更贴近课堂的支持方式，如基于证据的教学实践训练、课堂观察与反馈以及行动研究的过程指导，帮助教师在真实教学循环中调整策略、提升适应能力。与此同时，部分项目将文化敏感性与社会责任纳入培养目标，强调教师需要能够设计更具包容性的课程，并将科学学习与现实社会议题建立联系。^[21-22]

（二）初任科学教师专业发展支持项目的内容体系

美国初任科学教师专业发展项目以提升教师专业能力为主线，并将这一目标与科学教育改革的实施要求对接，形成了相对成体系的内容安排。总体而言，项目内容通常围绕探究教学能力、学科知识深化、课程开发与课堂实施、教学研究与证据使用，以及文化响应与责任态度等维度展开，通过不同类型的学习经历与支持活动，为初任教师提供较为连续的专业成长支撑。以下从核心内容出发，归纳这些项目中较为常见的关键要素。

第一，科学探究经历。探究经历通常被用于支撑教师对科学如何被认识与建构的理解，并为其在课堂中组织探究学习提供经验参照。许多项目将教师置于更接近真实科研的活动情境中，例如通过与科学家合作参与科研过程，使教师在提出问题、选择方法、解释数据等环节获得更直观的体验，从而增强其对探究教学的把握与信心。以“科学研究经历项目”和“科学家—教师伙伴

关系项目”为例，这类项目通过安排教师进入科研项目或与科学家协作，不仅拓展了教师对探究过程的认识，也为其在课堂中指导学生开展探究提供了可迁移的实践经验。^[23-24] 另有如“初级教师探究教学培训项目”，其通过模拟实验与探究活动，训练教师在课堂层面设计与实施探究型教学的能力。^[25] 近年来，一些项目开始引入虚拟实验室等数字工具，为教师提供可操作的探究体验，尤其在资源相对有限的地区，这类工具被用来缓解材料与条件不足带来的限制。^[26-28] 总体来看，这类探究经历为教师将探究过程与学科核心概念建立更紧密的教学连接提供了路径，使其更容易在课堂中围绕现象组织学习活动，并引导学生形成更深入的概念理解。^[29]

第二，学科知识深化。有效的科学教学不仅依赖基础知识储备，更依赖教师对学科核心概念的理解及其解释方式。许多初任教师发展项目会设置学科知识深化的课程模块，通过专题讲座、研讨会等形式，帮助教师重新梳理物理、化学、生物等学科的关键概念，并将其与课堂教学中的概念表征、学习困难与教学路径联系起来。例如，“科学内容强化项目”强调核心概念的系统学习（如能量守恒、化学反应等），并引导教师将理论理解转化为可用于课堂讲解与活动组织的教学内容。^[30] 同时，一些项目将跨学科整合作为延伸方向，鼓励教师在科学、技术、工程和数学（STEM）之间建立更明确的内容关联，如“STEM 整合项目”侧重指导教师如何组织跨学科主题、设计面向真实问题的课程任务。^[31-32] 此外，部分课程通过案例研究与数据分析等方式，强化科学概念与现实情境之间的对应关系。例如，“科学现象与原理对接课程”引导教师分析气候变化中的碳循环等现象，以此深化对物质守恒等原理的理解，并进一步思考如何将概念解释与学生的学习需求衔接起来，从而提升教学内容的可理解性与应用指向。^[33] 通过这些安排，初任教师不仅获得对核心学科知识更系统的把握，也更可能在教学设计中实现“概念—证据—现象解释”的连贯组织，提高课堂讲授与活动设计的质量。^[34]

第三，课程开发与教学实践。初任科学教师普遍面临的挑战之一，是将学科知识与改革要求转化为可实施、可持续的课堂教学方案。因此，许多项目将课程开发与课堂实施能力作为重点，帮助教师培养从教学目标、学习任务到课堂组织的整体设计能力。如“核心科学教学设计项目”常通过案例分析与模型建构等方式，支持教师在课堂中选择并组合合适的教学策略，使抽象原理能够以更可理解的方式呈现，并兼顾学生的参与和思考。^[35] 同时，教学资源的优化与情境适配也是培训内容的重要部分，例如，“实验教学优化项目”往往提供多种实验组织方式与实施方案，帮助教师根据不同教学条件与学生特点调整活动设计。^[36-37] 此外，一些项目把协作学习策略纳入课程开发训练，支持教师设计以小组任务为核心的学习活动，并在实施过程中提升对复杂课堂情境的组织能力，例如，“协作学习促进项目”通过小组任务与讨论结构，可以引导学生在解决科学问题时开展互动，并相应提高教师对课堂协作过程的管理与引导能力。^[38] 总体而言，课程开发与教学实践模块更强调可实施性：可以帮助初任教师把教学设计落实为可执行的课堂流程，并在实施中逐步形成稳定的教学信心与策略库。^[39]

第四，科学教学研究。为使课堂改进能够持续推进，部分项目进一步把教学研究能力作为重要培养内容，强调教师对课堂数据和学习证据的识别、收集与解释能力。通过研究方法 with 证据使用的训练，教师不仅能够开展小规模课堂研究，也更容易用数据支持对教学策略的调整。例如，“科学教育研究基础课程”通常聚焦研究设计、学生反馈分析与证据使用，训练教师以更规范的方式记录课堂过程，并据此做出教学决策。^[40] 相关研究指出，接受研究方法训练的教师更可能形成对数据的敏感性，并在课堂中进行更有针对性的优化，从而提升教学质量。^[41] 与此同时，“数据

驱动教学决策项目”侧重引导教师使用学生学习数据来诊断问题、调整教学，并通过数据分析对教学效果做出更审慎的判断。^[42]此外，一些项目将行动研究作为实践载体，如“行动研究能力发展项目”支持教师围绕课堂中的具体问题开展数据收集、分析与反思，逐步形成“提出问题—实施改进—基于证据再调整”的改进路径。研究表明，行动研究有助于提升教师的教学创新能力与课堂适应性，并促进其形成更稳定的反思与改进习惯。^[43]

第五，文化响应与态度责任。随着社会结构与学生群体日益多元，初任科学教师项目逐渐将文化响应与责任态度纳入培养内容，强调教师理解学生文化背景、优化课堂参与机会，并在科学学习中引导学生发展面向公共议题的责任意识。例如，“文化敏感教学课程”引导教师识别文化差异对学习参与的影响，并据此设计更具适配性的教学内容与互动方式，以提升课堂的包容性与学习效果。^[44-45]同时，部分项目鼓励教师围绕社会议题开发课程单元，使科学学习与现实问题建立更直接的联系，如“社区问题课程开发项目”引导教师组织学生关注气候变化、可持续发展等议题，发展其社会责任感与问题解决意识。^[46]此外，“科学态度与责任课程”强调在课堂中引入社会与伦理讨论，支持学生在科学推理过程中同时发展批判性思维与责任意识，从而将科学学习与公民素养培养结合起来。^[47]

（三）初任科学教师专业发展支持项目的实施策略

美国初任科学教师专业发展项目在实施上更强调贴近课堂、持续支持。项目往往把专业学习嵌入课堂实践，通过协作网络、技术工具、导师制度与评估反馈，向初任教师提供可操作的教学支持与改进证据，以对接科学教育改革对课堂的要求。

第一，将课堂实践与专业发展课程相结合。该策略把学习放到真实课堂中展开，通过课堂观察、模拟实践与反馈回路，推动初任教师把理念转化为具体教学决策。以“课堂嵌入式培训项目”为例，导师进入课堂观察并提供即时反馈，帮助教师定位可改进环节，围绕教学策略与课堂管理形成更明确的调整方向；同时配套反思环节，使教师将课堂问题转化为可执行的改进计划。^[48-49]

第二，协作学习与资源共享。项目常以教师学习共同体（Professional Learning Communities, PLC）为组织形态，降低初任教师早期独自备课与试错的成本。如在“区域性教师协作项目”中，初任教师与资深教师共同设计课程单元，并以研讨方式对设计与实施进行交流、修订与再设计，从而在协作过程中发展课程开发能力。^[50-51]不少项目同时建设在线资源平台，提供教学材料、课程模板与评估工具，形成较稳定的资源供给。研究结果表明，数字化共享降低了资源获取与开发成本，也提高了支持的可及性与灵活性。^[52]

第三，技术赋能。技术支持更多被用来扩展专业发展支持的覆盖面，并提高探究教学的可实施性，这在资源受限地区尤其关键。例如，“虚拟实验室与教学工具培训”为教师提供虚拟实验室与数据分析工具的使用训练，使其能够组织更可操作的探究活动，并改善学生参与与互动。^[53]此外，在线课程与混合式学习为教师提供更灵活的学习路径，减少空间与时间对参与的限制，从而增强专业发展活动的连续性与可持续性。^[54]

第四，导师指导与个性化支持。导师制以一对一支持为核心，重点解决初任教师在课堂实施与职业适应上的即时问题。“新教师指导项目”通常为初任教师配备经验丰富的导师，通过课堂观察、个别化反馈与持续跟进，支持其逐步稳定课堂组织与教学策略；同时，导师关系也可以提供一定的情感支持，有助于缓解职业初期压力并维持职业投入。^[55]

第五，持续评估与动态反馈。评估策略的关键在于把改进建立在可观察证据之上。项目综合课堂观察、学生反馈与教学效果分析，帮助教师识别优势与短板，并据此调整教学。例如，“课堂表现评估项目”通过课堂视频录制与分析，向教师提供更具体的改进建议，使其围绕可见的课堂行为与学习证据进行针对性优化。^[56]

（四）初任科学教师专业发展支持项目的评价方法

评价是初任科学教师专业发展项目的关键环节：一方面用于检视项目实施是否达到预期，另一方面为后续的内容调整与支持方式优化提供证据依据。美国相关项目普遍采用多维度评价路径，通常从课堂表现、教师专业成长过程与学生学习结果等层面获取数据，并以 NGSS 的实施要求作为重要参照，判断项目是否真正支持初任教师形成改革所需的核心教学能力。

第一，课堂表现评估常被用作衡量初任科学教师教学能力变化的直接指标。许多项目通过课堂观察、课堂视频分析与专家评阅等方式，记录教师在真实教学中的关键行为与课堂运行状态。例如，“课堂表现反馈项目”通过录制课堂教学视频，由导师与专家团队围绕教学目标达成、课堂互动质量与科学探究活动实施效果进行评估，从而帮助教师识别优势与短板，并据此调整教学策略。^[57] 这类以证据为基础的反馈机制，使评价不再停留于总体印象，而更聚焦于可观察的课堂行为与可改进的具体环节。

第二，教师专业成长的长期追踪构成项目评价的另一核心维度。许多项目会定期收集教师自我报告、同行反馈与导师评估等信息，持续记录教师在科学探究教学、课程开发与课堂管理等方面的变化。例如，“教师成长档案项目”支持教师建立能够反映教学实践与专业学习过程的成长档案，通常包括课堂设计案例、教学反思与专业发展活动参与记录等，用以呈现较为系统的成长轨迹。^[58] 同时，一些项目采用纵向追踪思路，通过阶段性测评掌握初任教师在职业早期的能力发展与需求变化，以此增强支持的连续性与针对性。

第三，学生学习效果常被用作检视项目效果的重要依据，即通过学生层面的变化间接判断教师教学改进的质量与稳定性。美国相关项目通常综合学生学业表现、科学素养与学习体验等指标进行分析。例如，“学生科学素养评估项目”借助标准化测评与课堂参与记录，分析学生在科学探究、跨学科概念理解与基于证据的科学推理等方面的表现。这些数据既可反映教师在探究教学与课程设计上的实施成效，也可为培训内容的优化提供方向性依据。^[59]

第四，部分项目还会通过问卷与访谈评估总体效果及参与者体验，以补充课堂与成长追踪数据在解释层面的不足。例如，“项目满意度与影响评估”通常以阶段性教师问卷为主要方式，收集教师对项目内容、实施方式与支持效果的反馈，用于校准项目设计并改进实施过程。此类数据也常被用于论证项目扩展或推广的可行性与改进重点。

第五，作为与 NGSS 紧密对接的专业发展项目，其评价往往进一步聚焦标准落实度，即教师是否能够在课堂中有效实现 NGSS 的三维学习目标。例如，“NGSS 实施评估”通过观察教师在科学实践、跨学科概念与学科核心概念整合方面的课堂表现，分析教学设计和课堂实施与 NGSS 要求之间的契合程度，以判断项目在科学教育改革推进中的实际贡献。^[60]

三、美国初任科学教师专业发展支持项目的行动逻辑

美国初任科学教师的专业发展通常不是一个一次性培训所能覆盖的过程，而更接近一种持续

运转的支持体系（图2）。这一体系以改革要求与课堂实践之间的转化为中心，一方面通过科学教育理论的更新为实践提供方向与工具，另一方面又借助教学实践中的反馈不断校准支持内容与实施方式。同时，体系运行并不局限于教师个体层面，还依赖科学家、教师教育工作者与科学研究资源等多方主体的协作与资源流动。本部分聚焦这一支持体系的核心行动逻辑，分析其通过何种支持机制与协作方式，使初任教师在职业早期获得可持续的专业成长支撑。

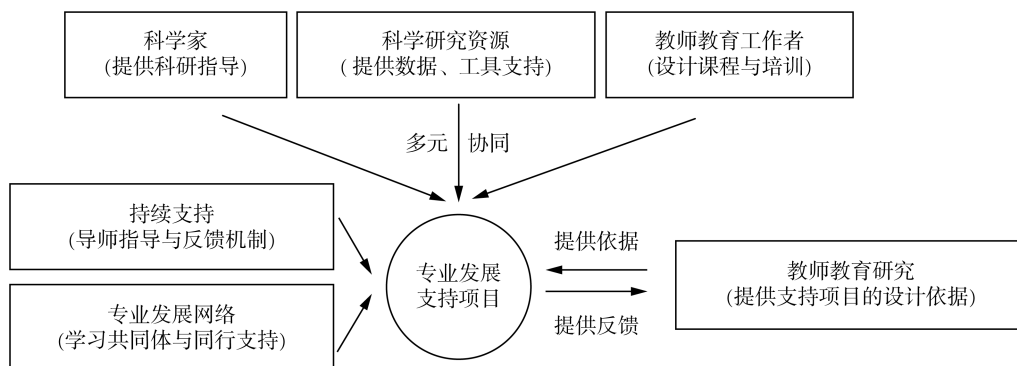


图2 美国初任科学教师专业发展支持项目的行动逻辑

（一）科学家、科学研究资源与教师教育工作者的多元协同

在美国初任科学教师专业发展支持项目中，科学家、科学研究资源与教师教育工作者的协同，常被设计为一种分工明确的支持结构：科研场域与学科共同体提供实践机会与学科资源，教师教育工作者提供课程与教学的专业化转化支持。两类支持在同一项目框架内衔接，主要回应两项常见断裂：其一是教师缺少真实科学实践体验，其二是学科知识难以转化为课堂可实施的学习活动。

第一，协同机制为初任教师补足了进入科学实践的路径。相比以讲授为主的培训，教师更需要具体研究任务中理解探究如何展开、证据如何生成与解释。受资源与条件限制，传统项目往往难以提供稳定的实践场域，教师对科学实践的理解容易停留在概念层面。以“科学研究经历项目”为例，项目将教师带入由科学家主导的实验室研究情境，使其接触实验设计、数据分析等关键环节^[61-62]，这种经历为教师后续组织探究式课堂活动提供了更直接的经验参照。

第二，科研资源的开放与教师教育工作者的教学指导共同推动从知识到教学的转化。问题通常不在于教师缺少学科知识，而在于缺少将概念组织为学生可理解、可操作学习过程的路径。协同支持通过科学家提供学科内容与资源、教师教育工作者提供教学设计与课堂实施指导，使教师在共同开发与共同研讨中完成转化。例如，“科学家—教育者协作项目”通过多学科课程开发培训，支持教师将较复杂的科学概念处理为更适合学生学习的教学活动。^[63-64]

第三，多方协作扩展了支持的覆盖范围与解释力，缓解了单一主体支持的局限。一些支持安排采用“课堂问题—方案设计—实施验证—再调整”的改进路径：科学家侧重提供方法与技术资源，教师教育工作者侧重提供课堂化改造与实施指导，教师则在真实课堂中检验与修订教学方案。由此，初任教师面对的复杂课堂问题被拆解为可获得支持的不同环节，支持不再停留在理念输入，而更接近对具体教学决策与课堂实施的持续支撑。

（二）持续支持与专业发展网络的双重建构

持续支持与专业发展网络建设，是美国初任科学教师专业发展项目中较为稳定的一类制度安排，其核心指向在于缓解初任阶段的职业孤立，并为持续成长提供可获得、可延续的支持。与以短期集中培训为主的做法不同，这类项目更强调通过长期的资源共享与协作机制，形成贯穿职业早期的学习路径。常见的支持载体包括区域学习共同体、在线平台与职业发展档案等，它们分别在同伴协作、资源供给与成长追踪层面发挥作用。

这一安排首先回应了传统项目培训结束即支持中断的问题。集中性活动往往能在短期内输入理念与方法，但在项目结束后，教师容易再次回到独立应对课堂情境的状态，缺乏持续的同伴交流与反馈。持续支持通常以教师学习共同体为组织形式，为初任教师提供稳定的协作关系：教师在区域协作网络中与资深教师共同开发课程单元，并通过教学研讨交流实施经验与改进策略，从而在真实任务推进中提升课程设计与课堂实施能力。^[65-66]

其次，持续支持也通过资源共享机制降低教师在资源开发上的个体负担。传统项目中，资源获取与更新往往受限，教师难以持续扩展教学策略库。在线资源平台在一定程度上补足了这一缺口。例如，在线科学教学资源平台通过数字化教学资源与互动工具，使教师能够在需要时获得材料、模板与支持。相关研究结果显示，这类共享机制能够减少教师准备资源的时间压力，并提高其对课堂变化的应对弹性。^[67-68]

再次，职业发展网络还通过职业发展档案提供更清晰的成长线索。教师在档案中持续记录教学案例、反思日志与阶段性成果，并在定期反馈中了解自身变化与改进重点，从而把零散的培训参与转化为可追踪的成长过程。^[69]这种纵向记录与反馈机制有助于缓解传统项目中路径不清、改进无据的问题，使支持更容易与教师的阶段性需求对齐。

总体来看，持续支持与专业发展网络的双重建构，一方面延长了专业发展项目的支持时间，另一方面通过区域协作与在线资源共享提升了支持的可及性与连续性。有研究表明，线上资源与在线专业社群逐渐成为初任科学教师获得持续支持的重要来源：教师通过共享备课资源、交流课堂问题并获取即时反馈，能够在时间压力较大的工作阶段减少孤立感并维持专业发展动机。^[70]

（三）科学教师专业发展支持项目与教师教育研究的双向促进

科学教师专业发展支持项目与教师教育研究之间的双向促进，是美国初任科学教师专业发展项目中较为突出的运行机制之一。其基本逻辑在于：一方面，将教师教育研究中的概念框架与证据结论转化为项目设计的依据；另一方面，将项目实施过程中产生的过程性与结果性数据回流到研究中，用于检验、修正与扩展既有解释，从而形成“研究—设计—实施—再研究”的循环。这种机制在一定程度上缓解了传统专业发展项目中常见的三类问题——项目设计缺少清晰的理论支撑、实施过程缺乏可利用的反馈证据、项目改进难以及时跟进。

从理论驱动看，双向促进首先提升了项目设计的依据性与针对性。相较于以经验判断为主的培训安排，缺乏系统理论支撑的项目容易出现内容选择随意、训练方式与教师真实需要错位等问题。将教师教育研究成果嵌入项目设计，则使培训内容更可能围绕“教师需要学会什么、通过什么经历学会、如何观察是否学会”来展开。例如，有关探究式教学的研究结果指出，初任教师要获得科学实践的核心技能，仅凭概念讲授往往不足，更需要通过模拟探究与实际操作积累对实践

过程的理解与策略。^[71-73] 据此,许多项目将探究教学的关键理念与实践模块纳入培训结构,并以课堂实施为导向组织学习任务,以支持教师在课堂中落实三维学习目标。

从实践反馈看,双向促进也为项目提供了更持续的评估与调整依据。项目在实施中通常会系统收集多类数据,例如课堂表现视频、学生评估结果、教师反思记录等。这些资料既支持对培训效果的判断,也为教师教育研究提供了更贴近真实课堂的经验材料。相关项目的跟踪评估结果表明,结构化的课堂观察、基于课堂证据的反馈与持续的个别指导,能够促进教师教学实践改进,并对学生学习结果产生积极影响。^[74] 此类数据一方面用于项目内容的动态调整,另一方面也有助于研究者进一步识别初任教师在探究教学实施中的关键困难与支持条件,从而推动相关理论解释的细化与更新。相应地,一些项目会以课堂探究教学中的具体问题作为分析对象,通过对教师课堂表现的分析,将发现转化为后续培训的改进依据,使研究与项目改进能够在同一证据基础上联动推进。

总体而言,双向促进机制使专业发展项目不再仅是培训供给,而更接近一种与研究共同演进的支持系统:研究为项目提供设计依据与解释框架,项目为研究提供可分析的数据与可检验的实践场景。由此,项目改进更容易建立在可追踪的证据之上,也为初任教师培养模式的可持续优化提供了条件。

基金项目

2025 年度国家社科基金教育学一般项目“‘沃土计划’背景下小学生科学素养培育环境的系统诊断与协同提升研究”(BTA250260)

作者简介

马冠中,南京大学教育研究院助理研究员。主要研究方向:科学教育。

参考文献

- [1] Liu E, Liu C, Wang J. Pre-service science teacher preparation in China: Challenges and promises [J]. Journal of science teacher education, 2015, 26 (1): 29-44.
- [2] Dong Y, Wang J, Yang Y, et al. Understanding intrinsic challenges to STEM instructional practices for Chinese teachers based on their beliefs and knowledge base [J]. International journal of STEM education, 2020, 7 (1): 1-12.
- [3] Mu X. Science teacher training in China [J]. Science, 2013, 341 (6145): 456-457.
- [4] Sun D, Wang Z, Xie W, et al. Status of integrated science instruction in junior secondary schools of China: An exploratory study [J]. International journal of science education, 2014, 36 (5): 808-838.
- [5] Davis E A, Petish D, Smithey J. Challenges new science teachers face [J]. Review of educational research, 2006, 76 (4): 607-651.
- [6] Roehrig G H, Luft J A. Constraints experienced by beginning secondary science teachers in implementing scientific inquiry lessons [J]. International journal of science education, 2004, 26 (1): 3-24.

- [7] 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.
- [8] Windschitl M, Thompson J, Braaten M. Beyond the scientific method: Model-based inquiry as a new paradigm of preference for school science investigations [J]. Science education, 2008, 92 (5): 941-967.
- [9] Shulman L S. Those who understand: Knowledge growth in teaching [J]. Educational researcher, 1986, 15 (2): 4-14.
- [10] Luft J A, Dubois S L, Nixon R S, et al. Supporting newly hired teachers of science: Attaining professional teaching standards [J]. Studies in science education, 2015, 51 (1): 1-48.
- [11] Veenman S. Perceived problems of beginning teachers [J]. Review of educational research, 1984, 54 (2) 143-178.
- [12] Desimone L M. Improving impact studies of teachers' professional development: Toward better conceptualizations and measures [J]. Educational researcher, 2009, 38 (3): 181-199.
- [13] Borko H. Professional development and teacher learning: Mapping the terrain [J]. Educational researcher, 2004, 33 (8): 3-15.
- [14] Feiman-nemser S. From preparation to practice: Designing a continuum to strengthen and sustain teaching [J]. Teachers college record, 2001, 103 (6): 1016-1055.
- [15] National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. K-12 science teachers need sustained professional learning opportunities to teach new science standards, report says [EB/OL]. (2016-01-12) [2024-12-05]. <https://www.nationalacademies.org/news/2016/01/k-12-science-teachers-need-sustained-professional-learning-opportunities-to-teach-new-science-standards-report-says>.
- [16] National Science Foundation. The impact of professional development on K-12 science teachers [EB/OL]. (2019-06-15) [2024-12-05]. https://www.nsf.gov/news/news_summ.jsp?cntn_id=300510.
- [17] Reiser B J, Michaels S, Moon J, et al. Scaling up three-dimensional science learning through teacher-led study groups across a state [J]. Journal of teacher education, 2017, 68 (3): 280-298.
- [18] Penuel W R, Harris C J, Debarger A H. Implementing the next generation science standards [J]. Phi delta kappan, 2015, 96 (6): 45-49.
- [19] National Research Council. A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas [M]. Washington, D.C.: National Academies Press, 2012.
- [20] Smith T M, Ingersoll R M. What are the effects of induction and mentoring on beginning teacher turnover? [J]. American educational research journal, 2004, 41 (3): 681-714.
- [21] Gay G. Culturally responsive teaching: Theory, research, and practice [M]. New York: Teachers College Press, 2010.
- [22] Vescio V, Ross D, Adams A. A review of research on the impact of professional learning communities on teaching practice and student learning [J]. Teaching and teacher education, 2008, 24 (1): 80-91.
- [23] Silverstein S C, Dubner J, Miller J, et al. Teachers' participation in research programs improves their students' achievement in science [J]. Science, 2009, 326 (5951): 440-442.
- [24] Dresner M, Worley E. Teacher research experiences, partnerships with scientists, and teacher performance [J]. Journal of science teacher education, 2006, 17 (1): 1-14.
- [25] Supovitz J A, Turner H M. The effects of professional development on science teaching practices and classroom culture [J]. Journal of research in science teaching, 2000, 37 (9): 963-980.
- [26] De Jong T, Linn M C, Zacharia Z C. Physical and virtual laboratories in science and engineering education

- [J]. *Science*, 2013, 340 (6130): 305-308.
- [27] Rutten N, Van Joolingen W R, Van der Veen J T. The learning effects of computer simulations in science education [J]. *Computers & Education*, 2012, 58 (1): 136-153.
- [28] Brinson J R. Learning outcome achievement in non-traditional (virtual and remote) versus traditional (hands-on) laboratories: A review of the empirical research [J]. *Computers & Education*, 2015, 87: 218-237.
- [29] National Research Council. *Inquiry and thenational science education standards: A guide for teaching and learning* [M]. Washington, D. C. : National Academy Press, 2000.
- [30] 同 [27].
- [31] 同 [28].
- [32] Ma J, Nickerson J V. Hands-on, simulated, and remote laboratories: A comparative literature review [J]. *ACM computing surveys*, 2006, 38 (3): Article 7.
- [33] Heller J I, Daehler K R, Wong N, et al. Differential effects of three professional development models on teacher knowledge and student achievement in elementary science [J]. *Journal of research in science teaching*, 2012, 49 (3): 333-362.
- [34] McNeill K L, Krajcik J. Scientific explanations: Characterizing and evaluating the evidence-based explanations of middle school students [J]. *Journal of research in science teaching*, 2008, 45 (1): 53-78.
- [35] Davis E A, Krajcik J S. Designing educative curriculum materials to promote teacher learning [J]. *Educational researcher*, 2005, 34 (3): 3-14.
- [36] Hofstein A, Lunetta V N. The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century [J]. *Science education*, 2004, 88 (1): 28-54.
- [37] Abrahams I, Millar R. Does practical work really work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science [J]. *International journal of science education*, 2008, 30 (14): 1945-1969.
- [38] Wong H K. Induction programs that keep new teachers teaching and improving [J]. *NASSP bulletin*, 2004, 88 (638): 41-58.
- [39] Hoy A W, Spero R B. Changes in teacher efficacy during the early years of teaching: A comparison of four measures [J]. *Teaching and teacher education*, 2005, 21 (4): 343-356.
- [40] Becker K, Park K. Effects of integrative approaches among science, technology, engineering, and mathematics (STEM) subjects on students' learning: A preliminary meta-analysis [J]. *Journal of STEM education: innovations and research*, 2011, 12 (5): 23-37.
- [41] Mandinach E B, Gummer E S. What does it mean for teachers to be data literate: Laying out the skills, knowledge, and dispositions [J]. *Teaching and teacher education*, 2016, 60: 366-376.
- [42] Schildkamp K, KUIPER W. Data-informed curriculum reform: Which data, what for, and promoting and hindering factors [J]. *Teaching and teacher education*, 2010, 26 (3): 482-496.
- [43] Cochran-smith M, Lytle S L. Relationships of knowledge and practice: Teacher learning in communities [J]. *Review of research in education*, 1999, 24: 249-305.
- [44] Ladson-billings G. Toward a theory of culturally relevant pedagogy [J]. *American educational research journal*, 1995, 32 (3) 465-491.
- [45] Wenger E. *Communities of practice: Learning, meaning, and identity* [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1998.
- [46] Gruenewald D A. The best of both worlds: A critical pedagogy of place [J]. *Educational researcher*, 2003,

32 (4): 3-12.

- [47] Schneider E M, McNeill K L, Krajcik J S. Science education for the 21st century: Connecting research and practice [J]. Science education, 2013, 97 (1): 51-72.
- [48] Kraft M A, Blazar D, Hogan D. The effect of teacher coaching on instruction and achievement: A meta-analysis of the causal evidence [J]. Review of educational research, 2018, 88 (4): 547-588.
- [49] Blazar D, Kraft M A. Exploring mechanisms of effective teacher coaching: A tale of two cohorts from a randomized experiment [J]. Educational evaluation and policy analysis, 2015, 37 (4): 542-566.
- [50] Handelzalts A. Collaborative curriculum development in teacher design teams [D]. Enschede; University of Twente, 2009.
- [51] Huizinga T, Handelzalts A, Niveen N, et al. Teacher involvement in curriculum design: Need for support to enhance teachers' design expertise [J]. Journal of curriculum studies, 2014, 46 (1): 33-57.
- [52] Duncan-howell J. Teachers making connections: Online communities as a source of professional learning [J]. British journal of educational technology, 2010, 41 (2): 324-340.
- [53] Smetana L K, Bell R L. Computer simulations to support science instruction and learning: A critical review of the literature [J]. International journal of science education, 2012, 34 (9): 1337-1370.
- [54] Dede C, Ketelhut D J, Whitehouse P, Breit L, & McDonald R. A research agenda for online teacher professional development [J]. Journal of teacher education, 2009, 60 (1): 8-19.
- [55] Ingersoll R, Strong M. The impact of induction and mentoring programs for beginning teachers: A critical review of the research [J]. Review of educational research, 2011, 81 (2): 233-266.
- [56] Sherin M G, Van es E A. Effects of video club participation on teachers' professional vision [J]. Journal of teacher education, 2009, 60 (1): 20-37.
- [57] Sawada D, Piburn M D, Turley J, et al. Measuring reform practices in science and mathematics classrooms: The reformed teaching observation protocol [J]. School science and mathematics, 2002, 102 (6): 245-253.
- [58] Darling-hammond L, Snyder J. Authentic assessment of teaching in context [J]. Teaching and teacher education, 2000, 16 (5-6): 523-545.
- [59] Guskey T R. Evaluating professional development [M]. Thousand Oaks; Corwin Press, 2000.
- [60] NGSS Lead States. Next generation science standards; For states, by states [M]. Washington, D.C.: National Academies Press, 2013.
- [61] Dixon P, WILKE R A. The influence of a teacher research experience on elementary teachers' thinking and instruction [J]. Journal of elementary science education, 2007, 19 (1): 25-43.
- [62] Morrison J A. Scientists' participation in teacher professional development: The impact on fourth to eighth grade teachers' understanding and implementation of inquiry-based instruction [J]. International journal of science and mathematics education, 2014, 12 (4): 793-816.
- [63] Coburn C E, PENUel W R. Research-practice partnerships in education: Outcomes, dynamics, and open questions [J]. Educational researcher, 2016, 45 (1): 48-54.
- [64] Penuel W R, Fishman B J, Cheng B H, et al. Organizing research and development at the intersection of learning, implementation, and design [J]. Educational researcher, 2011, 40 (7): 331-337.
- [65] Stoll L, Bolam R, McMahon A, et al. Professional learning communities: A review of the literature [J]. Journal of educational change, 2006, 7 (4): 221-258.
- [66] Lomos C, Hofman R H, Bosker R J. Professional communities and student achievement—A meta-analysis [J]. School effectiveness and school improvement, 2011, 22 (2): 121-148.

- [67] Trust T, Krutka D G, Carpenter J P. “Together we are better”: Professional learning networks for teachers [J]. *Computers & education*, 2016, 102: 15-34.
- [68] Lantz-andersson A, Lundin M, Selwyn N. Twenty years of online teacher communities: A systematic review of formally-organized and informally-developed professional learning groups [J]. *Teaching and teacher education*, 2018, 75: 302-315.
- [69] Zeichner K, Wray S. The teaching portfolio in US teacher education programs: What we know and what we need to know [J]. *Teaching and teacher education*, 2001, 17 (5): 613-621.
- [70] Hur J W, Brush T A. Teacher participation in online communities: Why do teachers want to participate and what are the relationships to their teaching practices? [J]. *Journal of research on technology in education*, 2009, 41 (3) 279-303.
- [71] Blanchard M R, Southerland S A, Granger E M, et al. No silver bullet for inquiry: Making sense of teacher change following an inquiry-based research experience for teachers [J]. *Science education*, 2009, 93 (2): 322-360.
- [72] Varelas M, House R, Wenzel S. Beginning teachers immersed into science: Scientist and science teacher identities [J]. *Science education*, 2005, 89: 492-516.
- [73] Luft J A. Changing inquiry practices and beliefs: The impact of an inquiry-based professional development program on beginning and experienced secondary science teachers [J]. *International journal of science education*, 2001, 23 (5) 517-534.
- [74] Allen J P, Pianta R C, Gregory A, et al. An interaction-based approach to enhancing secondary school instruction and student achievement [J]. *Science*, 2011, 333 (6045): 1034-1037.

Practical Pathways and Action Logic of Professional Development Support Programs for Early-Career Science Teachers in the United States

Ma Guanzhong

(School of Education, Nanjing University, 210023)

Abstract: In the context of current science education reform, early-career science teachers face numerous challenges in their professional development. To address these challenges, many countries have implemented professional development support programs for teachers. This paper focuses on professional development support programs for early-career science teachers in the United States, aiming to analyze their practical pathways and action logic, and to explore how these programs promote teacher professional growth and the implementation of science education reform. The study found that the implementation of these programs mainly follows three practical pathways: practice-oriented in-service training; collaborative teacher training; and action research and reflective practice. At the same time, the action logic of the programs includes three key mechanisms: the mutual promotion of science teacher professional development and

teacher education research; the multi-faceted collaboration of scientists, scientific research resources, and teacher educators; and the dual construction of continuous support and professional development networks. These practical pathways and action logic not only enhance the teaching capabilities of early-career science teachers but also provide valuable references and insights for the professional development of science teachers in our country.

Key Words: United States; Science Teachers; Early-career Teachers; Professional Development; Professional Development Support Programs