初中教师科学教育素养提升策略研究——基于“三层四维五力”模型的实践探索

冯伟

保定市第十七中学 / 燕赵名师冯伟工作室，河北 保定 071000

DOI: 10.61369/ETR.2026290032

摘　　要： 根据目前初中科学教师专业发展过程中出现的层次不清、结构零碎、能力虚浮等问题，本文从 PCK 和 TPACK 理论出发，创建起一个以本土化实践为依托的“三层四维五力”科学教育素养模型。通过河北省512名初中科学教师大样本前测和诊断来准确找到跨学科整合、探究设计、科学伦理这三个主要的不足。依托名师工作室体系，用准实验设计，开展保底、提质、卓越三个阶段的十二条行动规划。首轮行动研究发现实验组探究设计力和科学本质理解有明显提高，但是数字教学力等指标还没有达到显著改善。该模型和策略体系给区域层面系统性提高初中教师科学教育素养赋予了一条实证可行的进阶途径。

关 键 词： 科学教育素养；初中教师；三层四维五力；行动研究；教师专业发展

Research on Strategies for Improving Junior High School Teachers' Scientific Education Literacy——Practical Exploration Based on the "Three-Layer, Four-Dimension and Five-Capability" Model

Feng Wei

Baoding No.17 Middle School / Yanzhao Famous Teacher Feng Wei Studio, Baoding, Hebei 071000

Abstract: In response to issues such as unclear hierarchy, fragmented structure, and superficial competencies in the professional development of junior high school science teachers, this study establishes a "Three-Layer, Four-Dimensional, Five-Power" science education literacy model grounded in localized practice, based on PCK and TPACK theories. Through large-scale pretesting and diagnostics involving 512 junior high school science teachers in Hebei Province, three primary deficiencies—interdisciplinary integration, inquiry design, and scientific ethics—were identified. Leveraging the mentor-led studio system, a quasi-experimental design was employed to implement twelve action plans across three stages: baseline improvement, quality enhancement, and excellence. The first round of action research revealed significant progress in inquiry design and understanding of scientific essence among the experimental group, though improvements in digital teaching proficiency and other metrics remained statistically insignificant. This model and strategy system provide an empirically viable pathway for systematically elevating junior high school teachers' science education literacy at the regional level.

Keywords: scientific education literacy; junior high school teachers; Three-Layer, Four-Dimension and Five-Competence; action research; teachers' professional development

一、问题提出：国家战略驱动下的迫切需求与现实困境

（一）政策导向对科学教师素养提出迫切要求

目前我国教育强国战略正处在攻坚克难的关键时期。2024-2035年教育强国建设规划纲要明确提出加强科学教育、强化核心素养培养是顶层设计的核心问题，提出要实施科学素养培育沃土计划。《义务教育科学课程标准（2022年版）》对课程目标进行了重新构建，用科学观念、科学思维、探究实践、态度责任四个支柱来指导教师的教学，使教师的教学由原来的“知识灌输”转向“素养培育”。2023年教育部等十八部门联合印发了加强新时代中小学科学教育工作的意见（教监管〔2023〕2号），提出要升级实施中小学教师科学素养提升行动计划。2025年教育部等七部门再次发文提出，要把科技教育融入到教师培养培训的全过程之中，切实做好教育“双减”中科学教育的“加法”。在教育“双减”政策全面推行、课后服务和科学教育深度融合的大背景之

项目信息：本文系河北省教育科学“十四五”规划2025年度教师发展研究专项课题“初中教师科学教育素养提升策略研究”（课题批准号：2505028）的阶段性研究成果。

Copyright © This Work is Licensed under A Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.

下，科学教育质量的决定性因素已经转移到了教师的素养上，提高初中教师科学教育素养已经成为一项迫在眉睫的战略任务[1]。

（二）现实调研显现的深层困境

2026年2月至4月，课题组用分层方便抽样的方式对河北省保定、石家庄、张家口等地的初中物理、化学、生物教师发放问卷568份，回收有效问卷512份（有效回收率为90.1%）。样本分为城市、县城、乡镇三类。调查结果显示教师对于“跨学科实践”的困惑率高达44.5%，跨学科理解能力达标率不到35%，实验室完整实验开设率不到30%，经常在教学中加入科学伦理话题的教师比例不到20%。由此可以看出，初中科学教师专业素养存在层次不清、结构零散、能力虚浮的总体特点，并且城乡差别较大[2-3]。

（三）现有研究局限与本研究价值

目前我国对于科学教师素养的研究大多停留在横向结构划分上，即王碧梅、胡卫平（2016）和蒋永贵等（2022）等，没有对纵向发展层次进行细分，不能很好地满足不同发展阶段教师的不同需求；而且策略提升大多依靠经验总结，缺少严格的准实验检验；更严重的是，隐性素养（科学本质观、科学伦理意识等）被系统地忽略。因此本文试图用建立三层四维五力模型、准实验设计和行动研究相结合的方式，找到一条具有理论性和可操作性的科学教师素养提高途径[4-8]。

二、模型建构：“三层四维五力”素养体系的逻辑框架

本研究基础框架是Shulman（1986）的PCK理论、Koehler和Mishra（2009）的TPACK整合框架、Berliner（1988）的教师专业发展阶段理论三者结合而成。

（一）“三层”：描述纵向成长轨迹

我们将教师的科学教育素养划分为三个由低到高的进阶层次：

1. 基础素养层：回答“能不能教科学”的问题，主要是指扎实的学科内容知识和基本的实验教学规范，是素养的“保底”目标。

2. 核心素养层：回答“能不能教好科学”的问题，指向把学科知识转化为学生可以理解的教学表征、组织探究活动、使用数字化工具的能力，是素养提升的“提质”核心。

3. 发展素养层：回答能否持续引领的问题，就是对多学科交叉融合、深度教学反思、教育研究创新和科学伦理的渗透进行考察，是教师专业素养的“卓越”境界。

三个层次并非泾渭分明，而是互相嵌套、螺旋上升。

（二）“四维”：界定横向结构支撑

在横向上，我们搭建了四个相互支撑的维度：

1. 科学知识基础：包含学科本体知识、跨学科关联知识、科学前沿视野、STS关联知识。

2. 科学教学实践：关注教学设计、实验教学改进、分层教学策略、数字化教学技术的应用等。

3. 科学观念和伦理，指向的是科学本质的认识、科学精神的培养、科学伦理的养成等隐性素养。

4. 专业协作与创新包括团队协同教研、区域辐射带动、教育科研创新能力。

（三）“五力”：外化能力行为表现

通过“五力”将“四维”进一步具象化，便于评估与培养：

跨学科整合力就是冲破传统学科的界限，把诸多学科的知识融入到真实的教学情境里。

探究设计力就是可以设计出有认知梯度、有思维冲突的开放性探究任务。

数字化教学力指会使用虚拟实验、AI平台、传感器等数字工具来辅助教学。

思维评估力就是用过程性评价和思维可视化工具来准确地诊断出学生科学思维的发展水平。

反思研究力，即从教学经验中系统地总结出规律，进行教育叙事或者课堂观察研究。

三、研究方法与现状诊断：基于准实验的实证分析

（一）准实验设计

本文采用理论建构、现状诊断、策略设计、行动验证的实证研究方法。实验组选取9所名师工作室成员学校30名初中科学教师（城市、县城、乡镇各10名），对照组选择3所条件相当的非成员校10名教师。实验开始之前先做前测同质性检验，两组总体素养水平没有显著差异，满足准实验前提。研究工具有以“四维五力”为基础的22题教师素养自评问卷（用李克特五点量表，信效度较好），课堂观察量表和学生科学素养测评量表。

（二）现状诊断

前测数据（N=512）表明，全体教师的科学教育素养整体平均得分为2.69分，属于中度困惑状态，得分从高到低依次为：课堂教学（2.83）、实验教学（2.70）、作业与评价（2.70）、专业发展与衔接（2.70）、技术与创新（2.69）、跨学科实践（2.53）。主要存在的三个问题有如下三点：

1. 跨学科整合能力薄弱：得分最低的是44.5%的教师，他们认为自己非常困惑，其原因在于缺少跨学科案例和缺少跨学科教学的实施标准。

2. 探究设计浮于表面：实验教学中大多数教师不能设计出有认知冲突梯度的探究任务。调研中许多一线物理教师反馈，学生分组实验中篡改实验数据迎合理论值的现象十分普遍，说明教师对于探究学习本质的理解有误。

3. 科学伦理隐形缺位：不到20%的教师在教学中涉及核辐射、生物遗传伦理、环境危机等科学伦理问题，教师在引导学生辩证分析科学与社会关系上没有有效的抓手[9-10]。

四、提升策略体系：三阶十二条行动规划的落地实施

根据前测短板设计出保底、提质、卓越三个层次的12条策略。

 Copyright © This Work is Licensed under A Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.

（一）基础素养层策略（保底）：夯实根基

对应的是“四维”中的“科学知识基础”，有四个策略，分别是学科知识筑基工程、基本教学能力标准清单、科学本质理解工作坊。化学教师用质量守恒定律的探究案例，带领学生不回避实验误差，从寻找气体逸散的真实原因入手还原科学探究的过程，使学生在质疑中形成科学不是绝对真理的认识，大大提高了学生对科学本质的理解。

（二）核心素养层策略（提质）：突破难点

聚焦探究设计力和数字化教学力，⑤探究任务方案库建设，提供有层次、开放性的精品教案；⑥分层探究指导策略；⑦数字化教学力研修，用九章平台等生成虚拟实验。物理教师利用虚拟实验开展“探究欧姆定律”活动，很好地解决了学校器材短缺的问题；⑧思维评估课堂观察，制定《科学思维课堂观察表》，进行诊断性评价。

（三）发展素养层策略（卓越）：塑造引领

关注“专业合作与创新”和“科学观念伦理”，⑨跨学科课程开发项目；⑩区域辐射引领计划；⑪专业读写工作坊；⑫科学伦理辩论活动。物理教师设计的核电站要不要建的辩论活动，使学生由单一的科学数据转向综合权衡社会经济效益和生态风险，认识到了科学伦理教育的深层次价值。

五、首轮行动研究实施效果与反思

首轮行动研究于2026年4月至5月进行，主要研究基础素养策略（策略1-4）。实验组共进行了两次线下工作坊，每次3个小时，并且还有4次线上线下混合课例研讨。

（一）过程性积极转变

第一，教师的探究观发生了变化。教师们在“伽利略斜面实验”课例研讨中，真正体会到探究包含动手和深入的逻辑推理、思维实验，对于新入职教师来说有很强的指导意义。第二，课堂开放性明显提高。从课堂观察结果可知，实验组每节课提出开放性问题从原来的平均3次增加到现在的6次。第三，反思指向学生思维。生物教师在“观察植物细胞”之后反思道，“可以忍住不直接纠正学生的厚切片错误，而是一步步地追问显微镜光路原理，让学生自己去寻找失误的原因，比直接告诉他们答案更有效。”

（二）初步效果与反思

经过一轮干预之后，实验组学科知识达标率由原来的73.3%提高到了现在的86.7%，后测结果表明，实验组的探究设计能力明显好于对照组，且有统计学意义（$p<0.05$），说明“保底线”策略是有效的。但是首轮也暴露出明显的不足，数字化教学力得分没有发生显著变化，原因是该能力是第二轮重点干预的内容。另外，目前跨学科整合还停留在表面，多偏向物理学科，化学生物教师参与较少，乡镇老年教师对数字化工具存在焦虑、排斥的心理，策略执行时间紧迫也影响到效果。

六、结论与展望

本文建立的三层四维五力模型，弥补了以往模型缺少纵向层次考虑的不足，第一次把科学伦理作为独立的维度加以显性的关注。经由512份大样本调查，准确找到初中科学教师“跨学科弱、设计浅、伦理空”的痛点。三轮行动研究的首轮初步证明了“保底”策略对于改善教师探究设计能力和学科知识理解的明显效果。

但是由于样本地域性、行动研究阶段性的限制，本文的研究也存在着一定的局限性，即乡镇教师数字化接受度提高需要更长时间的设计和干预，科学本质观等隐性素养的客观测量指标还需要进一步完善。第二轮、第三轮行动研究会继续关注数字化教学力、跨学科整合力的提升，开发低成本实验50例手册，寻找人工智能支持下的新型研修模式，给我国新时代科学教师队伍建设赋予更有推广意义的行动样本。

参考文献

[1] 王碧梅，胡卫平 . 科学教师教学能力结构模型建构——基于德尔菲专家咨询法的调查分析 [J]. 教师教育研究，2016，28(6)：65-74.

[2] 蒋永贵，郭颖旦，赵博，等 . 初中综合科学教师专业素养模型的构建研究 [J]. 教师教育研究，2022，34(2)：69-74.

[3] 汤宇琪，孟易南，王沁雪，等 . 小学科学教师核心素养模型建构与培育路径研究 [J]. 科教文汇，2022(11)：110-112.

[4] 詹艺，任友群 . 技术—教学法—内容知识（TPACK）研究议题及其进展 [J]. 远程教育杂志，2010(1)：23-29.

[5] Berliner，D. C. The development of expertise in pedagogy[R]. New Orleans，LA：American Association of Colleges for Teacher Education，1988.

[6] 吴银银 . 初中科学教师科学本质观的调查研究 [J]. 全球教育展望，2011，40(3)：82-87.

[7] 曹静，林长春 . 初中科学教师科学本质观的现状调查 [J]. 重庆师范大学学报（哲学社会科学版），2009(5)：124-128.

[8] 荀渊，潘岳林 . 基于教师核心素养的科学教师职前培养体系重塑 [J]. 教师教育学报，2026，13(1)：27-35.

[9] 教育部 . 关于加强新时代中小学科学教育工作的意见（教监管〔2023〕2号）[Z]. 2023.

[10] 中共中央，国务院 . 教育强国建设规划纲要 (2024—2035年)[Z]. 2024.

Copyright © This Work is Licensed under A Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.