

核心素养导向下高中数学深度学习的框架构建与实践探索

——以“二次函数”为例

张灵月, 饶炜东*

江西科技师范大学数学科学学院, 江西 南昌

收稿日期: 2026年3月16日; 录用日期: 2026年5月11日; 发布日期: 2026年5月20日

摘要

针对当前高中数学教学存在的知识碎片化、思维浅表化等问题, 研究者构建了以“目标重构、情境创设、问题驱动、思维进阶、评价反思”为核心的五维深度学习框架。该框架以“二次函数”单元教学为例, 通过创设“篮球轨迹”“拱桥设计”等真实情境, 设计递进式问题链与建模任务, 引导学生经历完整的探究过程, 并系统实施了思维可视化与多元评价反思机制。实践反馈表明, 该框架具有较强的可操作性, 有助于提升学生的知识整合能力与高阶思维水平, 有效促进数学抽象、逻辑推理和数学建模等核心素养的落实, 为一线教师开展深度教学提供了明确的实践路径与案例参考。

关键词

核心素养, 深度学习, 教学框架, 高中数学, 二次函数, 教学案例

Construction and Practical Exploration of Deep Learning Framework in High School Mathematics Guided by Core Competencies

—A Case Study of “Quadratic Functions”

Lingyue Zhang, Weidong Rao*

School of Mathematical Sciences, Jiangxi Science and Technology Normal University, Nanchang Jiangxi

*通讯作者。

文章引用: 张灵月, 饶炜东. 核心素养导向下高中数学深度学习的框架构建与实践探索[J]. 创新教育研究, 2026, 14(5): 75-81. DOI: 10.12677/ces.2026.145319

Abstract

To address the issues of knowledge fragmentation and superficial thinking prevalent in current high school mathematics instruction, the researchers constructed a five-dimensional deep learning framework centered on “goal reconstruction, situational creation, problem-driven inquiry, cognitive advancement, and evaluative reflection”. Taking the “quadratic functions” unit as an empirical case, the framework employs authentic contexts such as “basketball trajectories” and “arch bridge design”, designs progressive problem chains and mathematical modeling tasks, guides students through complete inquiry processes, and systematically implements thinking visualization along with multiple evaluation-reflection mechanisms. Practical feedback demonstrates that this framework exhibits strong operability, contributes to enhancing students’ knowledge integration capabilities and higher-order thinking skills, and effectively facilitates the cultivation of core competencies including mathematical abstraction, logical reasoning, and mathematical modeling. It provides explicit practical pathways and case-based references for frontline teachers to implement deep instructional practices.

Keywords

Core Competencies, Deep Learning, Teaching Framework, High School Mathematics, Quadratic Functions, Teaching Case Study

Copyright © 2026 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. 引言

基础教育正处于从知识传授向素养培育转型的重要阶段, 在全球科技革命与产业变革不断深化的背景下, 教育竞争的本质已转向人才核心素养的竞争。为适应这一趋势, 我国于 2022 年颁布了新版义务教育与普通高中数学课程标准, 将核心素养置于课程目标的核心位置, 标志着高中数学教育正式迈入“素养导向”的新阶段。数学核心素养具体表现为六个维度: 数学抽象、逻辑推理、数学建模、直观想象、数学运算和数据分析, 其根本目标是培养学生形成“三会”能力——即会用数学的眼光观察现实世界, 会用数学的思维思考现实世界, 会用数学的语言表达现实世界。这一转变给数学教学带来了全新的要求, 教学需在传统“双基”训练基础上, 促进学生关键能力、思维方式和价值观念的全面发展。然而, 现实中不少高中数学课堂仍被“唯分数论”束缚, 教学实践与素养目标存在明显差距, 具体表现为教学目标仍以知识记忆和技能训练为主, 数学思想方法的融入不足; 教学内容常被拆解成孤立的知识点, 缺少系统联系并缺乏整体架构; 教学手段大多以教师单向授课为主, 学生课堂上很少有深度思考和主动探索的机会; 评价方式较为单一, 过分依靠考试, 难以科学衡量学生的高阶思维能力和实践应用水平。这些问题已成核心素养落地的主要阻碍。在此背景下, 深度学习理论提供了重要的理论依据与实践方向, 该理论着重强调学习者在理解的基础上主动建构、批判性思考、知识迁移以及解决实际问题的能力, 核心是推动学生高阶思维的发展, 与数学核心素养的基本理念高度一致。因此, 以深度学习推动核心素养落地, 已成为当前高中数学教学改革的必然选择。

2. 核心素养与数学深度学习的理论内涵及其关联

2.1. 数学核心素养的理论内涵与基本特征

数学核心素养并非知识、技能与情感的简单叠加,而是在真实且有意义的数学活动中逐步形成的、兼具学科特质与通用价值的思维品质与关键能力[1]-[3]。其主要特征包括:第一,整体性,即六大素养并非孤立存在,而是在真实情境中相互渗透、协同作用;第二,阶段性,在不同学段呈现出连续发展、逐步深化的层次性特征;第三,内隐性,素养内嵌于认知结构中,需通过外显的数学活动进行观测与评估;第四,实践性,强调在复杂真实的问题情境中实现素养的生成与发展。“三会”理念从行为层面为核心素养的落实提供了可操作的外显标准。

2.2. 深度学习的理论源起与教育价值

深度学习概念最初来自于人工智能领域,之后被引入教育研究范畴,指的是学习者基于理解进行批判性知识整合,将新观念与已有认知结构相融合,并能够实现跨情境迁移与灵活应用的能力[4]。其教育特征可概括为五个关键维度:“联想与结构”注重新旧知识间的联系与认知体系的重构;“活动与体验”强调高投入的探究过程与情感参与;“本质与变式”关注对概念原理的深度理解与表现形态的辨别;“迁移与应用”重在将所学知识创造性地运用于新情境;“价值与评价”则引导学生在反思中体会数学的学科价值与学习意义。

2.3. 理论融合的认知基础与内在机制

为进一步加强理论支撑,该研究综合借鉴了认知负荷理论、建构主义与情境认知理论的观点。认知负荷理论为教学资源的优化提供依据,旨在降低外部认知负荷,提高生成性认知投入;建构主义突出学生在学习过程中的主动建构者角色;情境认知理论则强调知识在真实语境中的迁移与应用价值。三者与深度学习理论相互补充,共同揭示学生认知发展、知识建构与迁移能力的形成逻辑。

深度学习与数学核心素养在内在机制上高度统一:深度学习是促成素养发展的重要途径,它通过主动建构、深度思考与迁移应用促进素养的内化;同时,核心素养也为深度学习指明了方向,“三会”目标与六大维度为判断“深度”提供了依据,防止学习陷入单纯的难度竞赛。数学学科所具有的抽象性、逻辑性与广泛应用性,为二者的融合提供了天然土壤。

3. 高中数学教学现实问题剖析

当前高中数学课堂仍存在与素养目标显著差距的突出问题,集中表现为以下五方面:

(1) 教学目标短视化。尽管教学中提及“素养”,实则仍围绕考点、题型与应试技巧展开,对数学思想及其教育意义的渗透不足,教师对素养的理解多数停留在表面,缺乏将核心素养转化为可操作教学行为的能力。

(2) 教学内容碎片化。知识点之间缺乏横向联系与纵向贯通,导致学生难以建立系统化的认知结构,知识迁移能力受到限制,学生虽能解题但难以形成完整的数学观念。

(3) 教学过程浅层化。教师讲授占据课堂主体,学生处于被动接受状态,缺乏高质量问题的引导与合作探究的机会,批判性思维与主动建构的空间被压缩,思维品质培养流于形式。

(4) 情境创设虚假化。不少所谓的“应用情境”脱离实际,或仅为套用公式而设,解题过程变成机械操作,学生难以体会数学的真实价值,建模与实践能力得不到有效锻炼,数学与现实世界的联系被割裂。

(5) 评价手段单一化。仍以纸笔测试与分数为主要评价依据,缺乏对思维过程、创新意识及协作能力等综合素养的有效评估,反馈调节功能薄弱,难以支撑教学的持续改进与学生的个性化发展。

上述问题的存在, 导致学生即便掌握了一定的解题技能, 仍难以形成可持续发展的数学思维与实际问题解决能力, 在面对真实、复杂的情境时常显得力不从心。这一现状充分说明, 以深度学习推动教学转型已刻不容缓。

4. 指向核心素养的高中数学深度学习框架设计

为系统应对上述现实困境, 促进数学核心素养的有效落实, 研究者构建了以“目标重构 - 情境创设 - 问题驱动 - 思维进阶 - 评价反思”为主线的五维深度学习框架。该框架具有循环性与结构性特征, 五个维度相互关联、层层推进, 共同支撑学生在深度认知参与中实现知识建构与素养发展。

(1) 目标重构: 素养本位的三维目标体系

针对教学目标短视化问题, 该框架要求将传统的知识传授目标转向以素养为本的整体性目标设定。按照课程标准, 将核心素养细化为能被观察、操作的具体指标, 构建一个包含知识技能、思想方法和核心素养的三维目标体系, 保证教学全过程以素养为中心开展, 避免目标与实施的“两张皮”现象。

(2) 情境创设: 真实复杂的任务情境

针对教学内容碎片化与情境虚假化问题, 该框架注重将真实、复杂且有挑战性的环境作为学习场域, 通过现实问题、科学情境或者数学史材料, 来激发学生的探究欲以及与现实的联系, 为深度学习打下情感与认知的根基。情境需具备“真实性”与“数学性”双重特征, 既源于生活又凸显数学结构。

(3) 问题驱动: 递进式问题链设计

针对教学过程浅层化问题, 该框架借助设计有阶梯、开放、关联的“问题链”, 来推动课堂教学, 引导学生进行观察、猜想、推理、验证和应用等探究过程, 从而深化思维过程。问题链的设计需遵循“最近发展区”原则, 形成从具体到抽象、从特殊到一般的认知阶梯。

(4) 思维进阶: 高阶思维的发展路径

针对学生思维品质培养不足的问题, 该维度强调从低阶认知迈向高阶思维的跨越, 借助“暴露思维过程、对比思维方式、归纳思维模型、突破思维难点”等策略, 来培养学生的批判性思维与创新意识。通过设置认知冲突、鼓励多元表征、促进元认知监控, 实现思维的可视化与进阶。

(5) 评价反思: 多元反馈调节机制

针对评价手段单一化问题, 该框架构建涵盖知识理解、思维品质、合作行为等多方面的多维评价体系, 通过概念图、开放性任务、建模报告、自我评估等工具, 将教师、同伴和自我三方反馈有机结合起来, 促使学生养成反思习惯, 持续优化学习策略, 实现“教 - 学 - 评”一体化。

上述五维度并非线性独立, 而是构成一个动态循环的整体, 通过目标的重新构建来指引教学方向, 情境与问题的引入则开启认知进程, 思维的逐步提升贯穿整个教学流程, 同时, 评价与反思则为教学提供持续的调控和提升机会。该框架把核心素养和深度学习理念转化成能操作的教学路径, 将数学学科的本质和学生认知规律统一起来。

要科学评估该框架的实施效果, 需对“核心素养”与“深度学习”进行操作性界定并加以测量。核心素养可从数学抽象、推理、建模等六个方面的行为表现予以考察, 其评估方式包含结构化访谈、开放性建模任务以及概念构图分析之类的内容。深度学习能在知识结构化程度、迁移应用能力、批判与创新思维表现、以及反思调节意识这些维度来测量, 工具可包括知识结构图评价、跨情境任务评分、思维深度编码以及自我报告问卷等。系统把上述多元数据收集、分析起来, 就能全面知晓学生在知识整合、思维深度和素养表现等方面的发展情况, 给框架的有效性提供实证支持。

本框架与已有成熟教学模型进行对比, 存在以下不同:

5E 模型(Engage-Explore-Explain-Elaborate-Evaluate)强调探究过程中的学生主体性, 与本框架的“情

境创设-问题驱动-思维进阶”有相似之处。区别在于:5E模型对“目标重构”与“评价反思”的素养导向刻画不足,且缺乏对“知识碎片化”问题的专门应对。本框架将“目标重构”置于首位,强调从课时目标转向单元整体素养目标,并通过“三维目标体系”将核心素养可操作化,弥补了5E模型在目标设计上的泛化倾向。

PBL以真实、劣构问题驱动学习,与本框架的“问题链”设计理念相通。然而,传统PBL在数学学科应用中常出现“问题松散、思维跳跃”的困境。本框架通过“递进式问题链”的阶梯设计(具体→抽象→应用)和“思维进阶”维度的显性策略(认知冲突、思维可视化、错误案例分析),强化了数学学科内在逻辑的连贯性,避免了PBL在数学课堂中“热闹有余、深度不足”的常见问题。

单元整体教学倡导打破课时壁垒,本框架继承了这一理念,并通过“知识结构图”和“建模反思日志”等工具,将单元整体认知的评价落到实处。此外,本框架特别强调“情境的真实性与数学性双重特征”,既不同于单元整体教学中偶尔出现的“伪情境”,也区别于纯粹的情境教学法对数学结构本身的忽视。

5. 教学案例设计与五维框架的实践落地

为检验上述深度学习框架在实际教学中的可行性和成效,研究者以人教版九年级上册“二次函数的图像与性质”单元来做系统教学实践。在整个教学进程里,分别进行了前后测对比、课堂观察、学生作品分析以及师生访谈等操作,来全面收集教学反馈。实践结果表明,该框架有效激发了学生学习动力,且在知识整合、思维提升及素养培养方面均获积极效果。

在实际施行时,首先确立了以核心素养为导向的三维教学目标,使学生在掌握二次函数图像绘制方法及其性质期间,还能体验数形结合、分类讨论等数学思想方法,进而重点发展数学抽象、逻辑推理和数学建模能力。在课堂导入时,未直接讲授概念,而是把“篮球投篮轨迹”“拱桥设计”这些生活化情境拿来,提出像“怎样预测篮球落点”“怎样确定拱桥最高点”这类核心问题,从而有效激发学生的探索兴趣。

在新知构建阶段,设计了三个递进的学习活动:首先是让学生分组绘制不同系数的二次函数图像,观察后初步总结开口方向、宽窄等情况与系数的关系;其次引导学生运用配方探究一般式,理解顶点与对称轴的代数和几何联系;最后对系统归纳系数对图像整体行为的影响加以归纳,然后让学生自主构建知识结构图。在整个过程中,学生是学习主体,亲历从特殊到一般的数学发现过程。

在思维进阶环节,研究者设计了专项的认知冲突与思维可视化活动。首先,通过对比“开口向上的抛物线是否都有最小值”这一辨析任务,引导学生区分“局部最优”与“全局最优”,暴露并纠正思维定式;其次,要求学生用“如果……那么……但是……”的句式阐述二次函数系数变化对图像的影响,强制显化逻辑推理过程;最后,引入“错误案例分析”,提供包含典型错误的解题过程(如忽视二次项系数 $a \neq 0$ 的隐含条件),让学生通过批判性审查发现错误根源,从而培养批判性思维与自我监控能力。

在实际应用环节,引入“靠墙围菜园”这一现实问题,让学生建立面积与边长的函数关系,借助图像和函数性质得到最优解,整个过程是把实际问题抽象成数学模型,再借助数学工具求解,最后从数学回归现实解释。

在评价反思环节,该案例实施了“三维嵌入式”评价。其一,过程性评价——利用课堂观察记录表,对学生的提问质量、合作深度进行实时编码评价;其二,表现性评价——要求学生提交“知识结构图”与“建模反思日志”,其中反思日志需回答“在围菜园问题中,我最初假设了哪些条件?如果改变墙的长度限制,模型将如何变化?”等元认知问题;其三,终结性评价——采用自评与互评相结合的评分量规,从数学抽象、逻辑推理、建模能力三个维度进行等级评定。课后,教师基于评价数据生成个性化反

馈单, 指导学生调整后续学习策略, 实现“教-学-评”一体化闭环。

回顾整个教学实践, 发现了一系列积极的变化: 学生的课堂参与度和思维深度都有明显提高, 课题提问更紧密地联系知识体系, 小组合作时的推理和交流也更严谨。由知识结构图与建模报告可知, 学生对知识的理解不再是零散的, 其内化了内在的知识图谱。教学实践表明, 以五维框架为指导的深度学习, 能切实推动核心素养从理念走向课堂实践, 给一线教师落实新课标提供了具体的、可行的实施途径。

6. 实证结果与讨论

为验证五维深度学习框架的有效性, 本研究以“二次函数的图像与性质”单元为载体, 采用准实验设计, 收集并分析了前后测成绩、知识结构图、课堂话语及学生反思日志等多元数据。现将主要结果与讨论分述如下。

(1) 量化结果分析

实验班($n=45$)前测平均分为 62.35, 后测平均分为 78.64, 配对样本 t 检验显示 $p < 0.001$; 对照班($n=44$)前测平均分 61.98, 后测平均分 68.73, 配对 t 检验 $p < 0.01$ 。独立样本 t 检验表明, 实验班后测成绩显著高于对照班($p < 0.001$)。其中, 涉及“数学建模”与“逻辑推理”素养的题目, 实验班得分率分别为 82.3%和 79.5%, 对照班仅为 61.7%和 65.2%。这一结果说明, 五维框架在促进素养导向的知识掌握与高阶思维能力方面具有显著优势, 尤其对建模与推理能力的提升效果远超传统教学。

采用概念图复杂度评分表(满分 15 分), 实验班知识结构图平均得分 11.47, 对照班平均得分 7.82, 差异显著($p < 0.001$)。典型差异表现为: 实验班学生更善于建立“二次项系数”与“开口方向”“宽窄变化”“最值”之间的三元连接, 并能主动关联“定义域”与“实际意义”; 而对照班多为线性列举, 如“ $a > 0$ 开口向上, $a < 0$ 开口向下”。这表明, 五维框架中的“思维进阶”与“知识结构图绘制”活动有效促进了学生的知识整合与结构化认知。

(2) 综合讨论

上述量化与质性结果一致表明, 五维深度学习框架能够有效促进学生从碎片化知识记忆向结构化认知、从浅层操作向高阶思维的转变。其原因可归结为框架各维度的协同作用: “目标重构”使教学始终围绕素养展开, 避免了目标与实施的脱节; “情境创设”与“问题链驱动”激发了学生的内在动机与持续探究欲; “思维进阶”通过认知冲突、错误案例分析和思维可视化策略, 帮助学生突破思维定式, 实现推理能力的跃升; “评价反思”中的知识结构图与建模日志则强制学生外化思维过程, 促进了元认知监控。

与已有教学模型相比, 本框架在实证层面提供了可量化的素养提升证据, 弥补了 5E 模型和 PBL 在数学学科应用中缺乏具体操作路径与效果检验的不足。尤其值得一提的是, 本框架将“真实情境”与“数学结构”并重, 避免了为情境而情境的虚假化倾向, 这一点在“靠墙围菜园”问题中得到了充分体现: 学生不仅运用了二次函数知识, 更在定义域限制下进行了批判性建模。

7. 研究局限与未来方向

尽管本研究获得了较为积极的实证结果, 但仍存在以下局限: 本研究的样本仅选取自某省级示范高中高一年级的两个平行班(共 89 人), 研究周期为 6 周, 因此研究结论在向农村学校、薄弱学校或不同学段(如初中、高三年级)推广时需保持谨慎, 需进一步验证其适用性。此外, 本研究仅测量了教学干预结束后的即时后测, 未能追踪学生核心素养的长期保持与迁移能力, 例如半年后学生能否自主运用二次函数建模解决新颖情境问题, 这一点有待后续的长周期追踪研究加以补充。

本研究未在课堂中全面实施数字化工具, 但基于文献分析与技术趋势, 我们认为数字化技术与五维框架的深度融合具有巨大潜力, 未来可重点探索以下方向: 利用教育大数据画像技术, 通过前测与日常

作业数据, 精准诊断学生在数学抽象、逻辑推理等维度的最近发展区, 生成个性化的素养目标体系, 避免“一刀切”的目标设定。运用 GeoGebra 动态几何软件、VR/AR 技术构建“虚拟抛物线实验室”, 使“篮球轨迹”“拱桥设计”等情境从静态图片转为可交互、可参数调节的数学实验, 增强情境的沉浸感与数学结构的可见性。利用自然语言处理技术, 对学生建模日志、课堂讨论文本中的逻辑推理语句进行实时语义分析, 自动识别“概念混淆”(如将“顶点”与“最值点”混用)、“跳跃推理”(如直接从问题跳到公式而无中间推导)等思维误区, 并即时推送针对性反馈或微视频讲解。系统记录学生知识结构图的演变轨迹、反思日志的深度变化、课堂互动频次与类型, 自动生成多维度的素养发展雷达图(数学抽象、逻辑推理、建模、反思等), 替代传统单一分数评价, 为教师提供精准的教学调控依据, 为学生提供个性化的学习改进建议。

基金项目

江西省高校人文社会科学研究项目(JY25223); 2024 年江西科技师范大学校级教育教学改革研究课题(XJJG-2024-103-059, XJJG-2024-103-057); 2024 年江西科技师范大学校级学位与研究生教育教学改革研究项目(KSDYJG-2024-09)。

参考文献

- [1] 刘超, 夏爱玲, 纪婷. 论指向核心素养的数学深度学习[J]. 兵团教育学院学报, 2020, 30(2): 75-78.
- [2] 韦扬江, 王怀洋, 张艳敏. 知识图谱视角下中国学生数学核心素养研究成果的可视化分析[J]. 南宁师范大学学报(自然科学版), 2024, 41(3): 45-56.
- [3] 张彩艳. 数学学科核心素养探析: 内涵、价值及培养路径[J]. 教育导刊, 2017(1): 60-64.
- [4] 王鑫. 核心素养视域下的数学深度学习[J]. 吕梁教育学院学报, 2021, 38(4): 82-84.