

数学思维跨学科应用的表层化困境与系统突破

王中立^{1*}, 凌健海¹, 覃巧玲¹, 黄志鹏¹, 何熙¹, 陈文莉², 黄丽芳¹

¹北部湾大学理学院, 广西 钦州

²北部湾大学外国语学院, 广西 钦州

收稿日期: 2026年7月2日; 录用日期: 2026年7月31日; 发布日期: 2026年8月10日

摘要

中学课程标准将结构化思维纳入核心素养, 但数学思维在课堂中多停留在公式套用层面。本文旨在厘清数学思维跨学科深度应用的困境与成因, 构建数学思维核心要素与学科认知难点间的映射关系。研究采用文献分析与理论建构方法, 系统梳理相关研究成果。研究发现, 数学思维跨学科应用面临思维培养表面化、学科融合碎片化、教师能力单一化与评价体系碎片化四重困境, 深层成因在于分科管理体制固化、教师跨学科素养不足、课程整合机制缺失与评价导向偏差。研究提出四维支持条件: 建立配对教研机制重构教师能力, 依托真实问题与可视化工具创新课堂实施, 通过显性主题课程与隐性教材链接优化课程整合, 变革评价反馈方式。

关键词

数学思维, 中学学科教育, 跨学科融合, 教师能力, 评价改革

Mathematical Thinking across Disciplines: From Superficiality to Systemic Breakthrough

Zhongli Wang^{1*}, Jianhai Ling¹, Qiaoling Qin¹, Zhipeng Huang¹, Xi He¹, Wenli Chen², Lifang Huang¹

¹Faculty of Science, Beibu Gulf University, Qinzhou Guangxi, Qinzhou Guangxi

²College of International Studies, Beibu Gulf University, Qinzhou Guangxi

Received: July 2, 2026; accepted: July 31, 2026; published: August 10, 2026

Abstract

Secondary school curriculum standards have incorporated structured thinking into core competen-

*通讯作者。

文章引用: 王中立, 凌健海, 覃巧玲, 黄志鹏, 何熙, 陈文莉, 黄丽芳. 数学思维跨学科应用的表层化困境与系统突破[J]. 教育进展, 2026, 16(8): 357-363. DOI: 10.12677/ae.2026.1681640

cies, yet mathematical thinking in the classroom often remains stuck at the level of rote formula application. This study aims to clarify the difficulties and root causes that prevent the deep interdisciplinary application of mathematical thinking, and to map the core elements of mathematical thinking against the cognitive difficulties students encounter in different subjects. Through literature analysis and theoretical construction, the study systematically reviews existing research. It finds that the interdisciplinary application of mathematical thinking is hindered by four practical difficulties: superficial thinking cultivation, fragmented subject integration, narrow teacher competence, and fragmented assessment systems. The root causes include the rigid subject-based management system, insufficient teacher interdisciplinary literacy, the absence of curriculum integration mechanisms, and distorted assessment priorities. To address these issues, the study proposes four strategies: reconstructing teacher competence through paired teaching-research teams, innovating classroom practice through authentic problems and visualization tools, optimizing curriculum integration through explicit thematic courses and implicit textbook links, and reforming assessment feedback methods.

Keywords

Mathematical Thinking, Secondary School Subject Education, Interdisciplinary Integration, Teacher Competence, Assessment Reform

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. 研究背景与问题提出

近年来, 中学课程标准修订将“结构化思维”“模型意识”纳入多学科核心素养框架, 跨学科主题学习被明确为课程实施的重要形态。考试评价对综合能力的考查权重逐年增加, 人工智能技术的普及也促使教育界重新审视思维培养在育人目标中的位置。这些变化表明, 中学教育正从知识传授向素养培育转型, 而数学思维因其抽象性、逻辑性与工具性, 被视为跨学科能力培养的关键载体。

然而, 政策文本与课堂实践之间存在明显落差。在分科教研体制下, 教师知识结构通常局限于单一学科内部, 数学教师不熟悉物理建模的情境逻辑, 文学、历史等学科教师对量化分析方法缺乏基本了解。课时安排与评价体系的学科分割, 进一步限制了跨学科探索的空间。观察课堂实践可以发现, 数学思维的应用往往停留在浅表层次: 物理课上函数图像被用来展示运动过程, 但很少引导学生理解斜率与瞬时变化率的内在关联; 化学课中的比例计算被简化为算术应用题。这种工具化的使用方式, 使数学思维未能真正进入学科理解的深层结构。

围绕上述现象, 学界已积累一定数量的研究成果, 但在核心概念界定上尚未形成共识。张廷艳等认为, 数学思维跨学科融合的关键在于围绕真实问题重组认知结构, 而非简单的知识叠加[1]。吴刚平在对一线教师的观察中发现, 实际教学中“学科拼盘”现象仍然普遍, 思维层面的整合并未真正落实[2]。这两种判断的差异, 可能源于理论设计与课堂实践之间的天然距离, 也说明“实施路径”问题具有进一步探讨的必要性。邹维等提出素养导向的跨学科主题学习应遵循“问题真实、学科关联、思维显性”三项原则, 为教学设计提供了参照框架[3], 但上述研究多停留在原则倡导层面, 尚未形成可操作的分类体系。

在数学学科的具体实践领域, 研究者主要关注建模活动与主题式教学的设计。兰小银与朱文芳指出, 数学建模过程本身就是数学思维外显化的重要载体[4]; 刘佳丽等以“简易电子秤”“酒后 12 小时”等课例证明, 学生能够经历完整的“现实问题 - 数学抽象 - 跨学科验证”思维过程[5] [6]。程晓亮等提出了初

中数学跨学科主题学习的设计与实施路径[7]。然而这些课例多停留在个案呈现层面,对普通教师如何系统识别学科融合点、如何匹配相应的数学思维工具,缺乏方法论层面的指导。

教师层面的研究揭示了实践推进的瓶颈。张维忠等分析了新课标下数学课程跨学科与综合实践活动的变化[8]。王丽美等发现,数学教师的跨学科素养呈现“学科知识固化、整合能力薄弱”的结构性缺陷[9];李洪修等指出,教师不仅需要学科知识,更需要“思维翻译”能力,即将数学工具转译为其他学科可理解的认知框架[10]。这种能力缺失直接导致了课堂中的表面化融合:郑春艳观察到,许多所谓跨学科设计只是将数学公式作为装饰性元素嵌入,未能建立思维层面的意义关联[11]。但现有研究对教师能力重构的具体机制探讨不足,多停留在现象描述层面。

针对思维培养难以观测的困境,部分研究者转向可视化工具与评价工具的开发。吴静、刘树娜等运用概念图、思维导图呈现数学思维过程,证明可视化能够降低跨学科认知负荷[12][13];崔强强等也提出了思维可视化在初中数学教学中的具体尝试[14]。董艳等指出,新课标背景下的跨学科学习需要重构评价逻辑,但现有研究对如何评价学生的跨学科思维迁移仍缺乏有效工具[15]。李欣莲等构建了包含思维过程显性化的分析框架[16],杨砚宁等展示了表现性评价在跨学科实践中的可能性[17],但二者均未形成可推广的指标体系。

综合现有文献可以发现,当前研究在以下三个维度上仍存在拓展空间:其一,对中学阶段数学思维跨学科应用的系统性理论梳理不足,已有研究多聚焦个案或单一学科,缺乏将数学思维要素与各学科认知难点进行系统关联的整合框架;其二,教师能力重构的路径多停留在理念倡导,缺乏基于配对教研等具体机制的理论建构;其三,评价改革滞后于教学实践,过程性评价与表现性评价工具的理论框架亟待深化。

基于上述分析,本文采用文献分析与理论建构的方法,尝试在以下方面做出补充:首先,通过梳理数学思维的核心要素与中学各学科的典型认知难点,初步构建二者之间的映射关系框架,为教师识别融合切入点提供参照;其次,从教师配对教研机制、课堂实施策略、课程整合路径与评价工具开发四个维度,系统论述数学思维深度应用的支持条件;最后,对跨学科融合中的学科边界与伦理问题加以讨论,以避免数学工具的过度扩张。需要说明的是,本文侧重于理论框架的建构与路径的学理分析,所提出的策略来源于对现有文献的批判性整合,其实践有效性有待后续实证研究加以检验。

2. 数学思维跨学科应用的现实困境

2.1. 思维培养表面化

当前课堂中数学思维的应用多停留在工具操作层面,未能进入学科理解的深层结构。在物理教学中,函数图像常被用来展示运动过程,但教学重点往往放在图像识别与公式套用,而非引导学生建立斜率与瞬时变化率之间的意义关联。这种处理方式将数学工具简化为解题技巧,而非认知框架,学生虽能套用公式得出正确答案,但在面对真实情境中的非标准问题时,往往缺乏自主调用数学工具的意识。

表面化的另一表现是教学设计的装饰性倾向。部分公开课为体现跨学科元素,将数学工具生硬嵌入学科内容。例如,在文学文本分析中引入词频统计,却不解释统计结果与作品主题之间的内在关联。这种处理方式使数学思维与学科内容相互隔离,学生虽能完成指定任务,却难以建立思维层面的意义关联。

2.2. 学科融合碎片化

跨学科探索在现有课程体系中呈现零散分布,未能形成持续性的教学常规。即便在开展相关探索的

学校,融合实践也多依赖个别教师的个人尝试。同一教研组内,一位教师可能在特定单元引入数学思维方法,其他教师仍按照传统方式讲授,导致学生在不同班级获得的学习经验不一致。碎片化还体现在教师协作机制的缺失。数学教师与学科教师之间缺乏常态化备课与研讨安排,跨学科案例的分享与迭代难以实现。学生接触到的数学思维应用案例,往往来自公开课或展示课,而非融入日常教学的真实学习需求。这种割裂状态使学生获得的只是零星技巧,而非系统性的思维方法。

2.3. 教师能力单一化

教师跨学科素养的普遍不足,是制约数学思维深度应用的重要因素。现有师范教育与教师培训体系按学科严格划分,数学教师精通函数与方程,但对物理建模的情境逻辑缺乏了解;历史、文学教师熟悉文本分析,却对基本的逻辑推理与量化方法缺乏系统训练。这种知识结构导致教师难以识别本学科内容中嵌入数学思维的可能性,也难以在引入数学工具时把握学科的主体性。

实践中存在两种值得注意的倾向。一种倾向是将数学思维视为理科专属,认为人文艺术领域引入量化分析会损害学科特性;另一种倾向则盲目追求数学形式的科学性,在文学课上过度强调统计显著性,在历史研究中滥用模型预测。这两种倾向均源于教师对数学思维本质的理解偏差,既无法把握数学工具在学科中的适用边界,也难以在引入数学方法时守住学科的主体性。

2.4. 评价体系碎片化

现有评价体系的学科单一性与结果导向,使跨学科思维培养缺乏持续动力。当前评价仍以学科分数为主要标尺,过程性评价在多数学校流于形式。一节融入数学思维探究的物理课,学生可能因花费时间讨论模型建构而减少了习题训练量,在应试评价中反而处于不利位置。这种时间投入与评价回报之间的失衡,促使教师回归知识传授的保守策略。

评价工具本身也存在碎片化问题。学校虽要求教师进行跨学科教学反思,但未提供观察学生思维轨迹的具体框架。教师难以判断学生是真的理解了数学思维在学科分析中的价值,还是仅仅记住了案例名称。由于缺乏针对思维迁移能力的表现性评价任务,跨学科教学效果难以被准确测量,教师改进缺乏数据支撑,实践只能停留在经验层面。

3. 数学思维难以跨学科应用的深层成因

3.1. 分科管理体制固化

中学教育长期实行的分科管理体制,构成了跨学科融合的首要结构性障碍。学校内部按学科划分教研组,教师编制、课时分配、绩效考核均以学科为单位进行核算。在这种组织架构下,数学教研组与物理教研组即便在空间上相邻,也缺乏围绕“如何协同培养学生的建模思维”展开深度研讨的制度性安排。教师的工作量认定与职称评定主要依据本学科的教学与科研成果,跨学科协作既不被计入常规工作量,也难以纳入现有的评价指标。

3.2. 教师跨学科素养不足

教师跨学科素养的欠缺,与职前培养和在职培训的结构性缺陷直接相关。师范教育阶段的课程体系严格按学科边界划分,这种培养模式使新教师在入职前已形成固化的学科认知框架,难以自发产生跨学科教学意识。进入工作岗位后,各级各类教师培训仍以学科专题为主,数学教师研修聚焦解题技巧与应试策略,文科教师培训侧重文本解读与写作指导,几乎不存在跨学科工作坊。此外,教学资源的学科分割进一步限制了教师的探索空间。中学教材尽管版本多样,但内容编排均遵循学科逻辑,鲜少内置跨学

科案例。资源供给与改革需求之间的脱节,使得教师即便有跨学科意愿,也常常因缺乏可用的教学材料而难以落实。

3.3. 课程整合机制缺失

课程整合的碎片化,根源在于课程标准、教材编写与学校课程管理之间的衔接不足。课程标准虽在理念层面提出跨学科主题学习的要求,但对如何分解学期目标、如何分配课时、如何设计学习评价,缺乏具体的实施指南与操作规范。教材编写仍遵循严格的学科逻辑,各学科的章节内容相互独立,未在关键知识点旁设置跨学科的思维链接或活动建议。

在学校课程管理层面,跨学科课程开发通常缺乏制度性保障。项目式学习或主题式课程若需占用常规课时,往往面临学科教学进度压力;教师联合备课需要协调不同学科的时间安排,但学校课程表通常按学科固定排课,难以提供弹性空间。

3.4. 评价导向偏差

评价体系的学科单一性,与中高考制度的结构特征密切相关。现行升学考试按学科分科命题,试题边界严格对应学科课程标准,跨学科综合能力难以在现有考试框架中得到系统测量。这种制度安排传递到日常教学中,形成了“考什么教什么”的传导机制。教师将数学思维融入学科教学,需要学生经历“认知困惑-工具尝试-意义建构”的深度学习过程,耗时较长且效果难以在短期内通过常规测验量化呈现。在升学压力与教学进度双重约束下,教师选择保守策略具有现实的合理性。

同时,学校内部评价文化的惯性也加剧了思维培养的碎片化。一份物理试卷即便设计了考查建模思维的开放题,评分时仍因缺乏思维过程的可操作细则,而不得不以公式正确性、计算准确性为主要得分点。另一方面,过程性评价虽在政策文本中被反复倡导,但学校层面往往未提供观察学生思维轨迹的具体工具与培训支持。

4. 摆脱困境的系统化策略

4.1. 重构教师能力体系:从“学科专家”到“思维导师”

破解跨学科融合困局,首要在于调整教师的能力结构定位。本文不主张要求每位教师成为精通多学科的通才,而是尝试建立“一专多能”的动态平衡。文学教师在讲解《红楼梦》人物关系时,理解图论中“中心度”的基本思想即可,不必计算精确数值,但应能引导学生思考“谁是情节枢纽”;数学教师在协助分析简谐振动时,则需揭示函数图像中“周期、振幅、相位”与物理意义的对应关系。这种定位并不追求学科知识的全面扩张,而是为跨学科对话建立必要的认知通道,使教师能够识别思维融合的可能性。

实现能力重构的现实路径,是建立“配对教研”机制。数学教师与学科教师组成常态化备课小组,前者负责拆解思维工具的数学内核,后者负责把握学科情境的真实脉络。以“化学过量问题”教学为例,化学教师指出学生通常死记“谁少则谁反应完”的规则,数学教师则可建议用比例思想搭建预判框架,双方共同打磨出“先估算、后计算、再反思”的教学流程。学校管理层需为此提供制度保障,并设立专项经费支持协作活动,使跨学科备课从额外负担转为专业常态。

配对教研的成果需要固化与共享。建立典型教学案例库是一种可行方式,但入库案例不应是简单的经验故事。每个案例宜标注三项要素:适用的思维类型(如“比例思想”)、学生可能出现的认知障碍(如“混淆比例与算术”)、风险提示(如“过度量化可能削弱化学直觉”)。同时,案例库宜设计为动态开源平台,支持教师上传、评论与迭代,逐步形成实践共同体的集体积累。

4.2. 创新课堂实施策略：让思维生长可见

课堂实施策略的设计，需要兼顾可操作性与发展性。跨学科内容若门槛过高，普通学生难以参与；若缺乏深度，则无法促进思维发展。前文所述“用函数图像理解简谐振动”即属此类设计：学生只需中学函数知识基础，但在讨论“相位变化对应初始位置”时，思维已触及物理建模的本质。同样，小学阶段的分数知识足以支撑“比例思想解决化学过量问题”的入门，深入讨论则可引出物质的量作为“化学汇率”的本质。这种设计将思维挑战隐藏在学生熟悉的数学工具背后，在有限课时内降低认知负荷，同时为不同水平学生提供拓展空间。

思维可视化是破解思维过程难以观测困境的关键手段。概念图适合展示分类关系，例如用维恩图表示生态系统营养级的能量归属；思维导图适合梳理因果链条，例如将历史事件的“远因-近因-导火索”分层呈现；数学模型草图则用于建立变量关系，例如定性分析跳远抛物线轨迹。当学生在论文写作中用思维导图排查逻辑漏洞时，图像本身并非目的，重要的是滑坡谬误、虚假两难等漏洞在图中被显性化，思维盲区由此得以暴露。

上述策略的启动需依赖真实问题的驱动，例如某地水资源污染调查，引导学生思考：如何用指数模型预测污染物扩散？为何需要化学计量思维确定处理剂用量？教师需要培养从学科内容中提炼认知难点的能力，将抽象思维转化为解决真实问题的必要工具。

4.3. 优化课程整合机制：从碎片化到生态化

跨学科探索若仅依赖个别教师的零散尝试，难以形成持续性的教学常规。为此，学校可开设“数学与科学”“数学与人文”等主题选修课，系统组织前文所述案例。但这类课程须明确定位为“视野拓展”而非“必修内容”，避免增加学生课业负担。

项目式学习为长周期探究提供了组织载体。以“校园雨水收集系统优化”项目为例，学生需完成降雨量统计、管道水流物理建模、材料化学性质调研、成本收益经济分析、系统图美术设计、可行性报告撰写等任务。前文所述的各类思维工具在此汇聚：用集合思想分类系统组件，用指数模型预测水位变化，用黄金分割优化设计图纸。项目的价值在于真实性驱动下，学生主动调用不同思维模块，实现综合应用。

4.4. 变革评价反馈方式：让思维过程有价值

评价改革需要同时调整评价内容与评价工具。过程性评价应从关注标准答案转向关注思维轨迹。在“用图论分析人物关系”任务中，评价重点不是中心度计算是否精确，而是学生能否解释“为何选择这一指标衡量人物重要性”，能否在数据结果与文本细读之间建立解释链。教师需要学会观察学生的思维过程：如何从文本中提取关系数据，为何调整算法参数，怎样解释异常结果。这种评价要求教师具备“思维观察”的专业眼光，能够识别有价值的思维困难与无意义的机械操作，并给予针对性反馈。

表现性评价则通过设计真实任务，检验学生的思维迁移能力。例如，让学生“为学校设计图书馆座位预约系统”，评价标准涵盖数学建模预测高峰期人流、物理分析通道宽度、美术优化空间布局、文学撰写使用说明等维度。表现性任务的设计难点在于确保思维过程可见，可在任务单中嵌入“思维说明”栏目，要求学生用文字或图示解释“我为何使用这种方法”，从而暴露其策略选择背后的思维逻辑。

5. 结论与展望

本文通过文献梳理与理论建构，初步整理了数学思维核心要素与中学各学科典型认知难点之间的对应关系，尝试为教师识别跨学科融合切入点提供参照。在此基础上，从教师能力重构、课堂实施创新、课程整合优化、评价方式变革四个维度，系统分析了数学思维深度应用的支持条件，并对跨学科融合中

的学科边界问题进行了讨论。

这一框架意在改变以往教师凭经验寻找融合切入点的盲目状态,使数学思维的应用从偶然尝试转向有意识地系统设计。但需要承认,本文的工作主要停留在理论层面,所提出的映射关系尚未经过课堂实践的充分检验,各项策略的有效性也有待后续研究验证。

未来研究可在以下方向继续推进。一是开发配套的跨学科教师培训课程,让数学教师与各学科教师基于真实案例开展协同设计、试讲与反思。二是建立避免数学工具过度扩张的学科对话机制,使各学科在平等交流中划定融合边界,形成数学提供思维方法、学科保留解释主权的合理分工。三是开发过程性评价工具,记录学生在跨学科问题解决中的认知障碍、工具调用与迁移效果,为素养本位的评价提供证据。唯有当评价真正关注思维过程而非知识记忆,数学思维才能切实成为连接学科学习与素养生成的有效桥梁。

基金项目

本研究获得广西壮族自治区大学生创新训练计划(项目名称:数学思维在中学学科教育中的应用研究,资助编号:S202511607229)的支持。

参考文献

- [1] 张廷艳,孙晓天,胡娜. 中小学数学跨学科主题学习:变迁、内涵与实施[J]. 教师教育学报, 2024, 11(3): 95-103.
- [2] 吴刚平. 中小学跨学科主题学习的政策意义与实施策略探析[J]. 湖南师范大学教育科学学报, 2024, 23(2): 17-25.
- [3] 邹维,万昆. 素养导向的跨学科主题学习设计类型、原则与方法[J]. 天津师范大学学报(基础教育版), 2024, 25(3): 42-47.
- [4] 兰小银,朱文芳. 数学建模进入中学课程的意义与价值[J]. 数学教育学报, 2023, 32(3): 8-12.
- [5] 刘佳丽,韦煜. 初中数学跨学科教学设计——以“简易电子秤”为例[J]. 初中数学教与学, 2024(20): 1-4.
- [6] 刘佳丽,韦煜. 核心素养视域下高中数学跨学科主题教学设计——以“酒后12小时”为例[J]. 福建基础教育研究, 2024(1): 45-48.
- [7] 程晓亮,左瀚文,林殿吉. 初中数学跨学科主题学习的设计与实施[J]. 教学与管理, 2024(4): 39-42.
- [8] 张维忠,赵千惠. 数学课程与教学中的跨学科与综合实践活动——《义务教育数学课程标准(2022年版)》的新变化[J]. 中小学课堂教学研究, 2022(12): 1-5.
- [9] 王丽美,宋乃庆. 小学数学教师跨学科素养的结构维度探索与测评指标构建[J]. 课程·教材·教法, 2024, 44(3): 91-98.
- [10] 李洪修,崔亚雪. 跨学科教学的要素分析、问题审视与优化路径[J]. 课程·教材·教法, 2023, 43(1): 74-81.
- [11] 郑春艳. 跨学科融合:价值意蕴、现实困境与路径选择——以初中生物学教学为例[J]. 教育文汇, 2024(28): 19-22.
- [12] 吴静. 思维可视化在初中数学课堂上的应用[J]. 文理导航(中旬), 2022(7): 91-93.
- [13] 刘树娜. “可视化”教学,让学生的数学思维看得见[J]. 中学课程辅导(教师教育), 2021(7): 33-34.
- [14] 崔强强,钟润霞. 思维可视化在初中数学教学中的几点尝试[J]. 天津教育, 2021(36): 26-27.
- [15] 董艳,夏亮亮,王良辉. 新课标背景下的跨学科学习:内涵、设置逻辑、实践原则与基础[J]. 现代教育技术, 2023, 33(2): 24-32.
- [16] 李欣莲,王利,蔡金法. 数学问题提出课堂教学:分析框架与应用[J]. 数学教育学报, 2023, 32(5): 21-27.
- [17] 杨砚宁,张巍. 基于核心素养的“跨学科主题”实践活动与思考——以“简易吸碳机的制作”项目教学为例[J]. 化学教学, 2023(8): 49-55.