

Research on the Practice Path and Effect of Digital Empowerment of Primary School Science Innovation Experiment

Zongliang Qu¹ Ruiying Song²

1. Mingcheng School, Zhucheng City, Weifang City, Shandong Province, Weifang, Shandong, 262222, China

2. Zhucheng No.1 Middle School, Weifang City, Shandong Province, Weifang, Shandong, 262222, China

Abstract

Under the strategic framework of Education Informatization 2.0, the deep integration of digital tools with science education has become pivotal in overcoming pedagogical challenges. Grounded in county-level primary school practices and supported by nine digital experimental systems, this study focuses on the core objective of “digital empowerment and integrated teaching-assessment” to establish a four-dimensional research framework encompassing “resource development, classroom implementation, post-class extension, and visualized evaluation.” By creating school-specific experimental resource packages, innovating classroom teaching models, expanding post-class inquiry spaces, and developing formative assessment systems, the research addresses pain points in traditional science experiments such as “non-intuitive phenomena, imprecise data, and subjective evaluations.” The findings demonstrate that digital empowerment not only enhances students’ scientific inquiry skills and data literacy but also drives teacher professional growth and instructional transformation. This approach fosters a new science education ecosystem characterized by dual-track classroom-post-class engagement and collaborative home-school-community education, providing replicable and scalable practical solutions for improving primary school science teaching quality and efficiency.

Keywords

digital empowerment; primary school science; innovative experiments; integration of teaching and assessment; practical approaches

数字化赋能小学科学创新实验的实践路径与成效研究

曲宗良¹ 宋瑞英²

1. 山东省潍坊市诸城市明诚学校, 中国·山东 潍坊 262222

2. 山东省潍坊市诸城市第一中学, 中国·山东 潍坊 262222

摘要

在教育信息化2.0战略背景下, 数字化工具与科学教育的深度融合成为突破教学瓶颈的关键。本研究立足县域小学实际, 以9套数字化实验设备为支撑, 聚焦“数字化赋能, 教学评一体”核心目标, 构建“资源建设—课堂实践—课后拓展—可视化评价”四维一体研究框架。通过开发校本化实验资源包、创新课堂教学模式、拓展课后探究场域、构建过程性评价体系, 破解传统科学实验“现象不直观、数据不精准、评价主观化”等痛点。研究表明, 数字化赋能不仅能提升学生科学探究能力与数据素养, 还能推动教师专业成长与教学模式转型, 形成“课堂+课后”双轨驱动、“家—校—社”协同育人的科学教育新生态, 为小学科学教学提质增效提供可复制、可推广的实践方案。

关键词

数字化赋能; 小学科学; 创新实验; 教学评一体; 实践路径

1 引言

1.1 研究背景

科学实验是小学科学教学的核心载体, 其探究性、直观性特征直接影响学生科学素养的培育质量。传统科学实验存在诸多局限: 微观、快速或长周期现象难以观察, 数据采集依赖手工记录导致误差较大, 评价方式侧重实验结果而忽视探究过程等等。随着《教育信息化2.0行动计划》的推进,

数字化实验设备逐步进入中小学课堂, 为解决上述问题提供了技术支撑。

国际上, 欧美国家已形成“数据驱动探究”“虚实结合”等成熟教学范式, 美国 NGSS 标准将数字化数据处理能力纳入核心素养, 德国注重数字化实验与工程教育的跨学科融合。国内研究虽聚焦数字化实验与核心素养的融合, 但县域小学层面仍存在突出问题: 硬件应用流于表面, 缺乏常态化融入策略; 教学场景局限于课堂, “课堂—课后—家庭”联动机制缺失; 评价体系仍以传统结果性评价为主, 过程性数据难以有效利用。基于此, 本研究立足学校现有数字化设备基础, 探索数字化赋能小学科学创新实验的实践路径, 具有

【作者简介】曲宗良(1973-), 男, 中国山东潍坊人, 本科, 中学一级教师, 从事计算机科学与教育研究。

重要的现实意义与学术价值。

1.2 核心概念界定

1. 数字化赋能：指运用数字化工具（传感器、数据采集器、虚拟仿真软件等）和技术，优化科学实验教学全流程，实现实验现象可视化、数据采集自动化、分析过程智能化、评价反馈即时化，进而提升教学效能与学生探究能力的过程。本研究特指依托学校9套涵盖力、热、声、光、电、磁、生化等领域的数字化实验设备开展的教学实践。

2. 创新实验：在传统实验基础上，通过数字化工具引入、实验设计优化、应用场景拓展形成的探究性、开放性、综合性实验形式，包括课堂数字化改造实验、探究性实验及课后项目式、主题式创新小实验。

3. 教学评一体可视化评价：将实验操作、数据收集、分析推理等核心素养转化为可量化指标，通过数字化工具采集过程性数据，生成学生素养图谱，实现从“重结果”到“重过程”的评价转型。

1.3 研究价值

1. 学术价值：探索县域小学数字化设备常态化应用的

实践路径，丰富数字化实验教学应用理论；构建“课堂+课后”双轮驱动教学模式，拓展科学教学时空边界；创新基于过程性数据的评价方法，为科学教学评价改革提供参考。

2. 应用价值：破解传统实验教学痛点，提升课堂教学质量；开发校本化资源包与案例库，降低教师技术应用门槛；延伸科学探究场域，激发学生自主探究热情，促进“家—校—社”协同育人。

2 研究设计

2.1 研究对象

本研究以小学3-6年级科学教学为研究场域，聚焦四类核心对象：数字化实验资源的建设路径与内容载体、基于数字化资源的课堂教学模式、“教学评一体”可视化评价体系、课后数字化拓展活动设计与实施。

2.2 研究框架

构建“数字化资源建设—课堂实践—课后拓展—‘教学评一体’可视化评价”四维一体研究框架（见图1），以数字化工具为支撑，贯穿“教—学—评”全流程，实现科学实验教学的系统化革新。

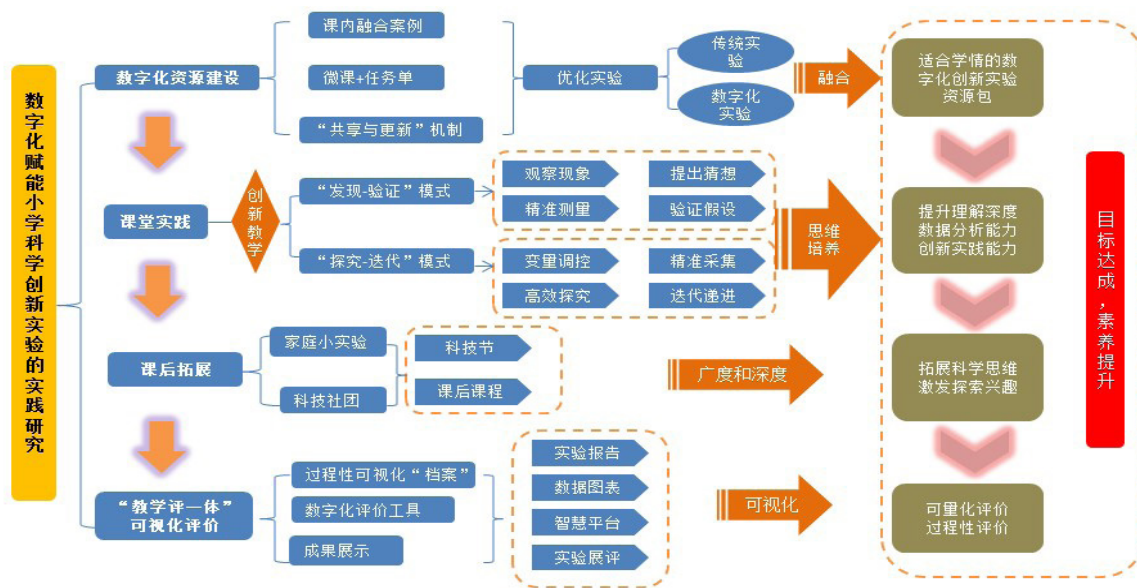


图 1

2.3 研究方法

1. 文献研究法：梳理国内外数字化实验教学相关文献与政策，奠定理论基础。

2. 行动研究法：通过“计划—行动—观察—反思”循环，优化资源包、教学模式与评价体系。

3. 案例研究法：跟踪分析《声音的产生》《不同材料导热性》等典型课例，提炼实践经验。

4. 调查研究法：通过问卷、访谈，了解师生在实验前后的能力变化与教学感受。

5. 经验总结法：归纳研究过程中的数据、案例与反思，

形成规律性认识。

2.4 研究计划

研究周期为2025年12月—2027年5月，分四个阶段：

1. 梳理准备阶段(2025.12-2026.1)：组建团队、调研需求、确定实验主题。

2. 组织实施阶段(2026.2-2026.11)：开发资源包、实践教学模式、开展课后拓展、构建评价体系。

3. 反思优化阶段(2026.12-2027.2)：数据分析、修订资源包、完善教学策略。

4. 总结提炼阶段(2027.3-2027.5)：汇编成果、推广应用、

结题答辩。

3 数字化赋能小学科学创新实验的实践路径

3.1 校本化数字化实验资源包开发：搭建教学基础支撑

资源包开发遵循“适配教材、易用实操、学科融合”原则，形成“课内+课外”全覆盖的资源体系。

1. 课内融合案例开发：梳理青岛版科学教材中20个核心实验主题，设计“传统实验+数字化验证/拓展”的融合方案。以《声音的产生》为例，传统实验依赖肉眼观察振动，难以捕捉音叉等微小振动，数字化实验通过声音传感器将声波转化为可视波形图，精准测量音量（振幅）与音调（频率），学生可直观观察敲击力度、音叉型号对实验结果的影响，激发探究兴趣。通过对比设计，既保留学生动手操作体验，又发挥数字化工具的精准化优势。

2. “微课+任务单”配套开发：为每个实验制作教师指导微课（含设备连接、软件操作、数据解读）与学生探究任务单（含问题引导、操作步骤、记录表格），降低技术应用门槛。如传感器操作微课采用“分步演示+易错提示”形式，任务单设计突出“问题链”引导，帮助学生聚焦探究核心。

3. 共建共享机制构建：依托校内云盘建立资源库，设立“优秀案例征集与评选”活动，鼓励教师分享实践成果，形成动态生长的资源生态，确保资源包的实用性与时效性。

3.2 课堂教学模式创新：深化数字化探究过程

立足小学科学实验特点，形成两种核心教学模式，实现技术服务于思维发展的目标。

1. “发现—验证”模式：适用于概念建构类实验。流程为“传统实验观察现象—提出猜想—数字化工具精准验证—得出结论”。在“下沉物体是否受浮力”实验中，学生先通过漂浮物体探究得出“漂浮物体受浮力”的结论，进而猜想“下沉物体是否受浮力”。传统实验难以精准测量浮力大小，而通过数字化弹簧测力计分别测量物体在空气中与水中的拉力，自动生成数据对比图表，直观呈现浮力存在的证据，突破传统实验局限^[1]。

2. “探究—迭代”模式：适用于规律探索类实验。利用数字化工具快速采集数据的优势，让学生短时间内完成多变量调控、数据采集与分析。在“不同材料导热性”实验中，通过温度传感器同时监测铝、黄铜、铁三种材料的温度变化，30秒内即可生成温度变化曲线，学生通过对比曲线斜率，快速得出“铝的导热性优于黄铜，黄铜优于铁”的结论，大幅提升探究效率，培养数据解读能力。

3.3 课后拓展活动设计：延伸科学探究场域

构建“课堂+课后”双轨探究体系，拓展科学学习的时空边界。

1. 家庭小实验：设计利用手机App（分贝仪、光度计）或简易传感器（温湿度计）即可完成的趣味实验，如“寻找

家里最安静的角落”“探究光照对植物生长的影响”。通过校园科学公众号推送操作指南，学生记录实验过程与结果，教师在线答疑点评，实现家庭成为科学探究的延伸课堂。

2. 科技社团活动：将数字化实验融入科技节、课后服务课程，开展长周期观测或制作项目。如科技节设置数字化实验挑战任务，学生利用传感器设计“校园噪音地图”“水质监测方案”等，在实践中感受科技魅力，提升创新能力。

3.4 “教学评一体”可视化评价体系：实现精准育人

构建多维度评价体系，推动评价从“重结果”向“重过程”转型。

1. 过程性可视化档案：汇集学生数字化实验报告、数据图表、科学日志、反思记录等，全面呈现探究过程。

2. 数字化评价工具：依托智慧中小学平台等工具，将实验操作规范性、数据采集准确性、分析推理逻辑性等转化为可量化指标，每月生成学生素养发展图谱，为个性化教学提供依据。

3. 成果展示评价：举办校级“数字化实验展评会”，学生展示实验作品与探究过程，通过师生互评、生生互评，提升科学表达与反思能力。

4 研究成效与分析

4.1 学生层面：科学素养显著提升

通过参与数字化创新实验，学生对科学原理的理解深度、数据收集与分析能力明显增强。实验数据显示，实验班学生在“实验设计合理性”“数据解读准确性”“探究问题创新性”等指标上的得分显著高于对照班。学生的科学探究兴趣持续高涨，90%以上的学生表示“喜欢数字化实验”，主动提出探究问题的次数较实验前增加3倍，证据意识与逻辑思维能力得到有效培养。

4.2 教师层面：专业能力持续成长

教师数字化教学设计与实施能力显著提升，形成5-8个成熟的课堂教学案例，汇编成《数字化创新实验教学案例集》。课题组成员撰写1-2篇论文，部分已在市级以上刊物发表。教师对数字化工具的应用从“被动操作”转向“主动设计”，能够根据教学目标灵活运用资源包，降低了技术应用门槛，促进了专业素养的全面发展。

4.3 教学资源与模式层面：形成可推广成果

完成《小学科学数字化与创新实验资源包（修订版）》，涵盖20个核心实验与10个课后拓展项目，为同类学校提供了实用的“工具箱”。初步形成“课内数字化探究打基础，课后创新实践促拓展”的教学模式，通过校内成果推广会、县域经验分享会，向区域内其他学校辐射，发挥示范引领作用^{[2][3]}。

5 创新之处

1. 场域创新：搭建“课堂+课后”双轨实验场景，延伸出“家—校—社”协同的科学教育新场域，拓宽了科学探

究的边界，突破了传统课堂的局限。

2. 范式创新：推动实验教学从“定性观察、手工记录”向“定量探究、数据驱动”转型，强调以数据为核心的逻辑推理，培养学生严谨的科学态度。

3. 评价创新：构建“教学评一体”可视化评价机制，将抽象核心素养转化为可量化、可追踪的过程性数据，实现对学生实验能力的精准评价。

4. 实践创新：立足县域小学实际，开发低门槛、高实用的校本资源包与教学模式，解决了数字化设备“用不好、用不常”的现实问题，具有较强的推广价值。

6 挑战与展望

6.1 研究挑战

1. 数字化工具与实验的适配性平衡：需避免过度依赖数字化而弱化学生实操能力，需设计虚实结合方案，确保学生既懂原理又能动手。

2. 评价体系的落地性与科学性：如何将证据意识、创新思维等抽象素养转化为可收集数据，避免评价流于形式，仍需持续优化。

3. 学生数字探究习惯的培养：需引导学生不沉迷工具操作，围绕实验目标运用工具，主动思考数据背后的科学原理。

6.2 未来展望

1. 资源包优化：进一步丰富跨学科实验案例，强化资源包的通用性与扩展性，适配不同版本教材与教学需求。

2. 推广范围扩大：将研究成果向更多县域小学推广，建立校际合作机制，共同完善数字化实验教学模式。

3. 技术深度融合：探索人工智能、大数据等技术在个

性化指导、精准评价中的应用，推动科学教育向智能化、个性化方向发展^{[4][5]}。

7 结论

本研究通过开发校本化资源包、创新课堂教学模式、拓展课后探究场域、构建可视化评价体系，探索了数字化赋能小学科学创新实验的有效路径。实践表明，数字化工具不仅能破解传统实验教学的诸多痛点，还能激发学生探究兴趣，提升教师专业能力，形成“家—校—社”协同育人的科学教育新生态。研究成果为县域小学数字化实验教学的常态化、深度化开展提供了可复制的实践方案，对推动小学科学教育提质增效、落实核心素养培育目标具有重要意义。未来，需持续关注数字化与教学的深度融合，不断优化实践路径，让数字化真正成为小学科学教育创新发展的强大动力。

参考文献

- [1] 教育部. 教育信息化2.0行动计划[Z]. 教技〔2018〕6号, 2018.
- [2] 青岛版科学教材编写组. 义务教育教科书·科学(3-6年级)[M]. 济南: 山东教育出版社, 2022.
- [3] National Research Council (NRC), National Science Teachers Association (NSTA), American Association for the Advancement of Science (AAAS), et al. Next Generation Science Standards (NGSS)[S]. Washington D.C.: The National Academies Press, 2013.
- [4] 中塘国际咨询. 工业4.0背景下, 行动教学法在中德智能制造业人才培养中的应用[EB/OL]. (2025-04-04). <https://www.zhijiaozixun.com/show-21-448.html>.
- [5] 搜狐网. 美国新教标《新一代科学教育标准》(NGSS) 看完就明白美国为何是科技强国了[EB/OL]. (2022-12-23). https://www.sohu.com/a/620456249_121626785.