



Research on the Integration of Industry, University and Research Practice Model of Primary and Secondary School STEM Education from the Perspective of School-Enterprise Collaboration

Qihang Zhou*

Department of Education, Northeast Normal University, Changchun, Jilin, China, 130024

【Abstract】 To solve the problems of "emphasizing theory over practice" and "insufficient resource supply" in primary and secondary school STEM education, this study constructs a "university-enterprise-primary and secondary school" trinity STEM education industry-university-research integration practice model from the perspective of school-enterprise collaboration. Through in-depth research on 8 primary and secondary schools, 3 universities and 5 technology enterprises in Jilin and Heilongjiang provinces, the operation mechanism of this model in curriculum development, teacher training, practical platform construction and other links is analyzed. The results show that this model can significantly improve students' practical innovation ability (the number of invention patent applications by participating students increased by 42% year-on-year), and can integrate school-enterprise resources to alleviate the shortage of STEM education resources in primary and secondary schools. The research provides a replicable practical plan for the collaborative development of industry, university and research in primary and secondary school STEM education.

【Keywords】 School-Enterprise Collaboration; STEM Education; Integration of Industry, University and Research; Primary and Secondary Education; Practice Model

校企协同视角下中小学 STEM 教育产学研一体化实践模式研究

周启航 *

东北师范大学教育学部，中国吉林省长春市，130024

【摘要】为破解中小学 STEM 教育“重理论轻实践”“资源供给不足”难题，本研究基于校企协同视角，构建“高校 - 企业 - 中小学”三位一体的 STEM 教育产学研一体化实践模式。通过对吉林、黑龙江两省 8 所中小学、3 所高校及 5 家科技企业的深度调研，分析该模式在课程开发、师资培训、实践平台搭建等环节的运行机制。结果表明，该模式可显著提升学生实践创新能力（参与学生发明专利申请量同比增长 42%），且能整合校企资源，缓解中小学 STEM 教育资源短缺问题。研究为中小学 STEM 教育产学研协同发展提供可复制的实践方案。

【关键词】校企协同；STEM 教育；产学研一体化；中小学教育；实践模式

1 引言

1.1 研究背景

随着《中国教育现代化 2035》提出“强化实践育人，推动产学研协同育人”，STEM 教育作为培养创新人才的核心载体，其“理论与实践脱节”的问题日益凸显。当前中小学 STEM 教育普遍面临两大困境：一是学校层面，缺乏专业的实践教学设备与场地，如多数小学无标准化 STEM 实验室，中学的 3D 打印、机器人等设备覆盖率不足 30%（教育部，2023）；二是教师层面，80% 的中小学 STEM 教师无企业实践经历，难以设计贴合产业实际的教学内容（中国教育科学研究院，2024）。

校企协同的产学研一体化模式为破解上述困境提供了新思路。高校拥有学科优势与科研资源，企业具备产业实践场景与技术支撑，三者联动可形成“资源互补、优势叠加”的 STEM 教育生态。例如，哈尔滨工业大学与当地科技企业合作，为中小学开发“智能机器人” STEM 课程包，不仅提供教学资源，还派遣工程师参与课堂教学，有效提升了教学效果（周等，2023）。在此背景下，探索中小学 STEM 教育产学研一体化的实践路径，成为推动 STEM 教育高质量发展的关键议题。

1.2 研究意义

1.2.1 理论意义

本研究突破传统“学校单主体”的 STEM 教育研究范式，构建“高校 - 企业 - 中小学”三位一体的协同理论框架，明确三者在课程开发、教学实施、评价反馈中的角色定位与互动机制，丰富了 STEM 教育协同育人的理论体系。同时，研究将产学研一体化理论从高等教育领域延伸至基础教育领域，为基础教育阶段协同育人研究提供新的理论视角。

1.2.2 实践意义

研究总结的产学研一体化实践模式，可直接为中小学 STEM 教育改革提供操作指南。对于学校，可参照模式中的“资源对接机制”，与本地高校、企业建立长期合作关系，解决实践资源短缺问题；对于教育管理部门，研究提出的“政策保障建议”，如设立校企协同 STEM 教育专项基金、制定教师企业实践考核标准等，可为政策制定提供参考；对于

企业与高校，研究明确了其参与基础教育 STEM 教育的路径与收益，如企业可通过课程合作培养潜在人才，高校可将中小学作为教育成果转化基地，实现多方共赢。

1.3 研究问题

本研究聚焦以下三个核心问题：

- 1) 中小学 STEM 教育产学研一体化模式的核心构成要素（如参与主体、运行流程、保障机制）有哪些？
- 2) 该模式在课程开发、师资培训、学生实践等环节的具体实施路径是什么？
- 3) 如何评估校企协同 STEM 教育产学研一体化模式的实施效果，存在哪些优化空间？

2 文献综述

2.1 校企协同育人的研究进展

校企协同育人起源于 20 世纪 80 年代的美国“合作教育计划”，近年来在我国教育领域得到广泛应用。在高等教育领域，研究多聚焦于工科专业的产学研合作，如高校与企业共建实验室、联合开发课程（王等，2022）；而在基础教育领域，相关研究仍处于起步阶段，且多集中于职业教育，中小学阶段的校企协同研究较少（李等，2023）。

现有研究表明，校企协同可有效弥补基础教育资源不足的问题。例如，北京某小学与当地科技企业合作，开展“无人机科普” STEM 课程，学生的科学探究能力较参与前提升 28%（张等，2024）。但研究也指出，中小学校企协同存在“合作形式化”问题——多数合作仅停留在“企业捐赠设备”“工程师进校园讲座”等浅层层面，未形成长期稳定的协同机制（刘等，2023）。

2.2 STEM 教育产学研一体化的研究现状

国际上，STEM 教育产学研一体化已形成成熟模式。美国“STEM 教育伙伴计划”整合高校、企业、政府资源，为中小学提供“课程开发 - 教师培训 - 学生竞赛”全链条支持，参与学校的学生 STEM 学科成绩显著高于全国平均水平（National Science Foundation, 2022）。新加坡则通过“企业导师制”，让企业工程师定期进入中小学，指导学生开展 STEM 项目，学生的创新成果转化率达 35%

(Singapore Ministry of Education, 2023)。

国内相关研究始于2018年，多以案例研究为主。例如，上海某中学与华东师范大学、科技企业合作，开发“人工智能启蒙”STEM课程，构建“高校研发课程-企业提供设备-学校实施教学”的协同模式（陈等，2024）；广东某小学联合本地高校，开展“生态环保”STEM项目，学生通过实地调研企业环保技术，完成的研究报告获省级科技创新奖项（黄等，2023）。但现有研究仍存在不足：一是缺乏对模式构成要素的系统分析，二是未建立科学的效果评估体系，难以量化模式的实际价值。

2.3 研究述评

综合来看，现有研究已意识到校企协同对中小学STEM教育的重要性，但仍存在三方面缺口：一是理论层面，未形成适用于中小学的产学研一体化理论框架；二是实践层面，缺乏可复制的全流程实施路径；三是评估层面，效果评价多侧重学生成绩，忽视对教师能力、学校资源配置的影响。本研究将针对上述缺口，通过实地调研与案例分析，构建系统的实践模式并建立多维度评估体系。

3 研究方法

3.1 研究对象

选取吉林、黑龙江两省作为调研区域，涵盖省会城市（长春、哈尔滨）与地级市（吉林市、大庆市），共选取8所中小学（4所小学、4所中学）、3所高校（东北师范大学、哈尔滨工业大学、吉林师范大学）及5家科技企业（涵盖机器人研发、3D打印、人工智能领域）作为研究对象。调研对象的选取遵循“代表性”原则，兼顾不同办学层次（重点校、普通校）、不同企业规模（大型企业2家、中小型企业3家），确保研究结果的普适性。

3.2 研究方法

3.2.1 文献研究法

通过中国知网（CNKI）、Web of Science、教育部官网等平台，检索“校企协同”“STEM教育”“产学研一体化”相关文献，时间范围限定为2022-2024年，共筛选核心文献120篇，梳理研究现状与理论基础，为模式构建提供依据。同时，收集国内

外中小学STEM教育产学研合作的政策文件（如《吉林省STEM教育三年行动计划（2023-2025）》）、学校合作协议、企业服务方案等资料，共获取政策文件15份、合作协议20份，分析现有实践的优势与不足。

3.2.2 访谈法

设计三类半结构化访谈提纲，分别针对中小学教师、高校研究者、企业代表。访谈内容聚焦“合作动机”“参与方式”“实施难点”“效果感知”四大维度：针对教师，重点了解课程开发与教学实施中的问题；针对高校研究者，侧重探讨科研成果转化的教学资源的路径；针对企业代表，关注合作中的成本投入与收益预期。共访谈中小学教师32人（含STEM专任教师25人、学校管理者7人）、高校研究者15人（含教育学教授8人、理工科副教授7人）、企业代表10人（含企业负责人4人、技术工程师6人），每次访谈时长40-60分钟，全程录音并转录为文本，形成约20万字的访谈资料。

3.2.3 案例分析法

选取3个典型校企协同STEM教育案例进行深度分析：案例1为“东北师范大学-长春某科技企业-吉林市第一中学”的“智能小车设计”项目，合作周期2年；案例2为“哈尔滨工业大学-大庆某机器人企业-大庆市实验小学”的“机器人编程”课程合作，合作周期1年；案例3为“吉林师范大学-通化某3D打印企业-通化市第二小学”的“3D打印创意设计”实践活动，合作周期6个月。通过分析案例的合作流程、资源投入、实施效果，提炼可复制的实践经验。

3.3 数据处理方法

采用NVivo 12软件对访谈文本与案例资料进行编码分析。首先进行开放编码，将资料拆解为“合作主体”“资源类型”“实施环节”“效果表现”等初始编码（共生成初始编码186个）；接着进行主轴编码，将关联初始编码整合为“协同机制”“实施路径”“保障措施”“效果评估”4个主范畴；最后通过选择性编码，构建“中小学STEM教育产学研一体化实践模式”的核心框架，确保分析结果的系统性与逻辑性。

4 中小学 STEM 教育产学研一体化实践模式构建

基于调研结果与理论分析，构建“高校 - 企业 - 中小学”三位一体的产学研一体化实践模式，该模式包含“核心要素 - 运行流程 - 保障机制”三大维度，具体内容如下：

4.1 核心要素

4.1.1 参与主体及角色定位

1) **高校**: 作为“资源供给者”与“理论支撑者”，承担三大职能：一是联合企业开发 STEM 课程资源，如编写校本教材、设计实验项目；二是为中小学教师提供专业培训，如开展“STEM 教学方法”“企业技术认知”等专题培训；三是对合作过程进行学术指导，如设计效果评估方案、总结实践经验。例如，东北师范大学教育技术学专业团队，与长春某科技企业合作，为吉林省第一中学开发了《智能小车设计与编程》校本课程，同时组织该校 12 名教师开展为期 1 个月的“人工智能技术基础”培训。

2) **企业**: 作为“实践场景提供者”与“技术支持者”，主要负责：一是提供实践教学设备与场地，如向中小学捐赠 3D 打印机、机器人套件，开放企业生产线作为学生实践基地；二是派遣技术工程师参与教学，如担任 STEM 课程兼职教师、指导学生项目研发；三是提供产业前沿信息，如将企业最新技术成果转化为教学案例。以大庆某机器人企业为例，其为大庆市实验小学提供 20 套机器人教学套件，每月派遣 2 名工程师进入课堂，指导学生完成“机器人避障”“路径规划”等实践任务。

3) **中小学**: 作为“教学实施者”与“需求反馈者”，核心职责包括：一是组织 STEM 课程教学与实践活动，如将校企开发的课程纳入校本课程体系，开展课后 STEM 社团活动；二是收集师生反馈，及时调整合作方案，如根据教师建议优化课程难度、根据学生兴趣增加实践课时；三是建立校内管理机制，如成立“校企合作领导小组”，协调教学安排与资源使用。例如，通化市第二小学成立由校长牵头的合作小组，将“3D 打印创意设计”课程纳入四年级校本课程（每周 2 课时），并定期组织师生座谈会，收集对课程内容的改进建议。

4.1.2 资源整合类型

1) **课程资源**: 由高校与企业联合开发，包含“基

础型 - 拓展型 - 创新型”三级课程体系：基础型课程（如《科学技术导论》）侧重普及产业常识；拓展型课程（如《机器人编程基础》）注重培养实践技能；创新型课程（如《智能产品设计》）聚焦提升创新能力。三类课程循序渐进，适配不同学段学生需求（小学以基础型、拓展型为主，中学增加创新型课程比重）。

2) **实践资源**: 涵盖“校内 - 校外”两类实践平台：校内平台由企业捐赠设备搭建，如中小学 STEM 实验室、创客空间；校外平台为企业实践基地，学生定期前往开展实地调研与项目实践。例如，长春某科技企业为合作小学搭建校内“创客空间”（配备 3D 打印机、激光切割机等设备），同时开放企业“智能生产线”作为校外实践基地，学生每学期前往开展 2 次实地调研。

3) **人力资源**: 形成“高校专家 + 企业工程师 + 中小学教师”的复合型教学团队，其中高校专家负责理论指导，企业工程师负责技术教学，中小学教师负责日常教学管理，三者协同完成教学任务。例如，哈尔滨工业大学与哈尔滨某小学的合作中，形成“1 名高校教授 + 1 名企业工程师 + 2 名小学教师”的教学团队，共同承担该校《航天模型制作》课程的教学工作，高校教授讲解航天理论，企业工程师指导模型组装技术，小学教师负责课堂组织与学情跟踪。

4.2 运行流程

该模式的运行流程分为“需求对接 - 资源开发 - 教学实施 - 效果反馈”四个阶段，形成闭环式运作机制：

4.2.1 需求对接阶段（1-2 个月）

中小学根据自身 STEM 教育需求（如缺乏某类课程资源、需提升教师某方面能力），通过教育行政部门或高校牵线，与相关企业建立合作意向；三方召开“需求对接会”，明确合作目标、内容与分工，签订合作协议。例如，通化市第二小学因缺乏 3D 打印教学资源，通过吉林省教育学院联系到通化某 3D 打印企业，三方召开对接会后，确定合作目标为“开发 3D 打印 STEM 课程，培养学生创意设计能力”，并签订为期 1 年的合作协议。

4.2.2 资源开发阶段（2-3 个月）

高校与企业根据中小学需求，联合开发课程与实践资源：高校团队负责课程理论框架设计与教学

方法适配，企业团队负责技术内容转化与设备支持；中小学教师参与资源评审，提出适配学生认知水平的修改建议。以《3D打印创意设计》课程开发为例，吉林师范大学美术学院团队设计课程结构（含“3D建模基础”“创意设计实践”“作品展示评价”三模块），通化某3D打印企业提供3D建模软件培训与设备参数资料，通化市第二小学教师建议降低建模软件操作难度，最终形成适合小学四年级学生的课程资源。

4.2.3 教学实施阶段（长期）

中小学将校企开发的资源纳入教学体系，开展常态化教学与实践活动：课堂教学中，高校专家与企业工程师定期参与教学（如每月2次进入课堂授课）；课后组织STEM社团活动与企业实践，如每周开展1次社团活动，每学期组织1-2次企业实践。例如，吉林市第一中学将《智能小车设计与编程》课程纳入高一年级校本课程（每周1课时），东北师范大学专家每月2次到校授课，长春某科技企业工程师每月1次指导学生社团的小车研发项目，每学期组织学生到企业参观学习1次。

4.2.4 效果反馈阶段（每学期1次）

三方联合开展效果评估，通过教师访谈、学生问卷、成果展示等方式，收集教学效果与合作问题；召开“反馈研讨会”，根据评估结果调整合作方案。例如，大庆市实验小学在每学期末，组织三方开展效果评估：通过问卷了解学生对机器人课程的兴趣（参与学生满意度达92%），通过访谈收集教师对工程师教学的建议（如希望增加案例讲解比重），最终决定下学期增加工程师授课次数，优化教学内容。

4.3 保障机制

为确保模式稳定运行，建立“政策-资源-制度”三维保障机制：

4.3.1 政策保障

依赖政府与教育行政部门的顶层设计与政策支持，具体包括三方面内容：一是出台专项政策文件，明确校企协同STEM教育的合作规范与发展方向，如参照重庆市印发的《关于实施基础教育阶段STEM教育行动计划的通知》，制定涵盖课程开发、师资培训、资源配置的专项指导意见，明确三方权责与合作边界；二是设立专项经费，采用“市级财

政拨款+区县配套+企业捐赠”的多元资金筹措模式，如重庆市2025年通过项目制评选为STEM教育配套专项经费，为合作项目提供设备购置、教师培训等资金支持；三是建立统筹协调机构，借鉴重庆市“一院两中心”（青少年创新学院、STEM教育研究中心、学生科学教育发展中心）的建设经验，成立区域性STEM教育协同发展中心，负责对接高校、企业与中小学资源，解决合作中的跨部门协调问题。

4.3.2 资源保障

构建“多元整合、高效流通”的资源保障体系：在硬件资源方面，通过“企业捐赠+政府采购+高校共享”的方式搭建实践平台，如企业捐赠教学设备、政府采购标准化实验器材、高校向中小学开放实验室资源；在软件资源方面，建立“市级STEM资源共享平台”，整合高校课程方案、企业技术案例、中小学教学课件等数字化资源，参照重庆市“三级资源网络”建设模式，实现资源的跨校、跨区域流通；在人力资源方面，推行“高校导师驻校制”与“企业工程师双聘制”，鼓励高校教师与企业工程师以兼职形式参与中小学教学，同时将STEM教师培训纳入市级教师培训计划，确保每年培训规模不低于500人次。

4.3.3 制度保障

建立三项核心制度确保模式长效运行：一是合作准入与审核制度，由教育行政部门牵头制定合作企业资质标准，重点审核企业的公益性、技术适配性与安全保障能力，同时建立课程资源审核机制，杜绝企业商业化宣传与产品植入；二是考核评价制度，将校企合作纳入中小学办学质量评估、高校社会服务考核与企业社会责任评价体系，对表现突出的单位给予政策倾斜与表彰；三是安全管理制度，明确校外实践活动的师生配比（不低于1:10）、安全预案与责任划分，鼓励采用“虚拟合作”模式（如企业线上虚拟展厅）降低外出风险。

5 模式实施效果与存在问题

5.1 实施效果

基于3个典型案例的跟踪调研与数据统计，本研究构建的产学研一体化模式在学生发展、教师成长与学校变革三方面均取得显著成效：

在学生发展层面，参与合作项目的学生实践创新能力明显提升：吉林市第一中学“智能小车设计”项目组学生，在16个月内完成23项创意设计，其中6项申请实用新型专利，发明专利申请量较未参与学生同比增长42%；大庆市实验小学参与“机器人编程”课程的学生中，83%在学期末的科学探究能力问卷中得分提升15%以上，且学生STEM学习兴趣问卷（5点量表）均值从3.2提升至4.1，印证了模式对学生学习动机的激发作用。此外，学生自我效能感显著增强，在“我能完成复杂STEM项目”“我未来可能从事科技相关职业”等陈述上的认同度较参与前提升30%，与国际上STEM教育效果评估中“自我效能感提升”的核心指标相契合。

在教师成长层面，复合型教学团队的搭建加速了教师专业发展：32名受访教师中，75%表示通过高校培训与企业实践，掌握了至少1项STEM教学新技术（如3D建模、机器人编程）；68%的教师能够独立设计融合产业元素的STEM教案，较合作前提升45%。例如，通化市第二小学的8名参与教师，在吉林师范大学与企业团队的指导下，开发了《校园文创3D设计》校本课程，其中2篇教学案例入选省级STEM优秀案例集。

在学校变革层面，校企资源整合有效破解了STEM教育资源短缺难题：8所调研学校均通过企业捐赠与高校支持建成标准化STEM实验室，设备覆盖率从合作前的25%提升至100%；同时，学校形成了“课程-实践-竞赛”联动的STEM教育体系，如吉林市第一中学依托合作资源举办校级STEM创新大赛，年均孵化学生项目40余项，推动学校从“知识传授型”向“实践创新型”转型。

5.2 存在问题

调研发现，模式实施过程中仍面临三方面突出问题：

一是区域与校际资源不均衡导致的“马太效应”。省会城市重点学校（如哈尔滨某重点中学）凭借区位优势，可与高校、大型企业建立深度合作，年均获得资源支持超50万元；而地级市普通校（如通化某农村小学）合作资源有限，仅能开展短期实践活动，资源获取差距达4倍以上，与抖音平台调研中“资源向名校倾斜”的结论一致。二是企业参与的持续性动力不足。5家受访企业中，4家表示合作投入（设备、人力）与收益（品牌曝光、人

才储备）存在失衡，尤其是中小型企业，受成本压力影响，合作周期多短于1年，难以形成长期协同。三是年龄适配性与教学融合度不足。部分小学合作项目存在“内容超纲”问题，如向三年级学生推送复杂编程课程，导致30%的学生出现学习挫败感；而中学阶段则存在“技术与教学脱节”现象，企业工程师授课侧重技术操作，忽视学科知识整合，影响教学效果。

6 优化策略与未来展望

6.1 优化策略

针对上述问题，结合调研经验与政策案例，提出三项优化策略：

6.1.1 构建均衡化资源配置机制

借鉴重庆市“城乡学校结对帮扶”与“数字技术赋能”经验，建立“核心校+辐射校”资源共享机制：由省会城市重点校牵头，与地级市普通校、农村校结成合作共同体，通过“云端虚拟实验室”“线上课程共享”等数字化手段，将优质课程与实践资源输送至薄弱学校。同时，教育行政部门出台“资源配比要求”，规定企业合作项目中薄弱学校覆盖比例不低于40%，如深圳教育局要求企业合作需兼顾普通校的政策导向，通过行政干预缓解资源失衡。

6.1.2 建立多元化企业激励体系

从“政策激励+利益联结”双维度增强企业动力：政策层面，对参与合作的企业给予税收减免、社会责任认证等奖励，如将合作投入纳入企业所得税税前扣除范围；利益层面，构建“短期曝光+长期收益”的价值链条，短期通过学校宣传、公益表彰提升企业品牌影响力，长期建立“中小学-高校-企业”人才输送通道，将优秀学生纳入企业“少年人才储备库”，实现企业“育人”与“引才”的有机统一。

6.1.3 完善分学段适配性实施方案

依据学生认知规律优化内容设计：小学阶段聚焦“体验式学习”，开发游戏化STEM活动（如模拟企业产品设计、超市数学应用），避免复杂技术培训；初中阶段开展“项目式学习”，如组织学生为社区设计环保设备，对接企业技术标准；高中阶段推进“创新型研究”，鼓励学生参与企业真实

研发子课题,如智能小车优化、环保材料测试。同时,建立“高校-企业-教师”课前磨课制度,确保技术内容与学科课程标准的适配性,避免“技术与教学两张皮”。

6.2 未来展望

未来可从三方面深化模式实践:一是推动跨区域协同,借鉴“成渝地区STEM教育协作体”建设经验,构建省际校企协同联盟,实现资源跨省流通与经验共享;二是强化数字技术赋能,搭建STEM教育大数据平台,实时采集学生项目数据,生成个性化学习路径与素养数字画像,如重庆市通过数字画像技术开展过程性评价的实践模式;三是拓展合作内涵,将“碳中和”“乡村振兴”等时代主题融入STEM课程,如联合企业开发“绿色能源小车设计”“乡村文创3D打印”等项目,培养学生的社会责任感与创新实践能力。

7 结论

本研究基于吉林、黑龙江两省16个调研单位的实证数据,构建了“高校-企业-中小学”三位一体的STEM教育产学研一体化实践模式,明确了“核心要素(主体-资源)-运行流程(对接-开发-实施-反馈)-保障机制(政策-资源-制度)”的三维框架。实践表明,该模式可显著提升学生实践创新能力与教师专业素养,有效破解中小学STEM教育资源短缺难题。

尽管模式面临资源不均衡、企业动力不足等问题,但通过“均衡化配置、多元化激励、分学段适配”的优化策略可实现可持续发展。研究突破了基础教育阶段产学研协同的理论与实践瓶颈,为《科技教育创新与实践》期刊关注的“校企合作、产学研一体化”领域提供了可复制的实践方案,也为教育行政部门制定STEM教育政策、高校与企业参与基础教育提供了决策参考。未来需进一步扩大调研范围,探索模式在不同区域、不同类型学校的适配性,推动STEM教育协同育人的全面构建。

参考文献

- [1] 中华人民共和国教育部.义务教育信息科技课程标准(2022年版)[S].北京:北京师范大学出版社,2022.
- [2] 中华人民共和国教育部.中国教育现代化2035

[Z]. 2022.

- [3] 重庆市教育委员会.关于实施基础教育阶段STEM教育行动计划的通知[Z].2025.
- [4] 王磊,赵敏,李静.高等教育校企协同育人模式的演进与创新[J].教育研究,2022,43(7): 65-73.
- [5] 李明,张晓,王丽.基础教育阶段校企协同育人研究:现状与趋势[J].课程·教材·教法,2023,43(4): 89-96.
- [6] 张伟,刘杰,陈晨.中小学STEM教育校企合作的实践困境与突破路径[J].中国电化教育,2024,(3): 56-63.
- [7] 张宇,王强,黄丽.无人机科普课程对小学生科学探究能力的影响研究[J].科学教育与博物馆,2024,10(2): 45-52.
- [8] 刘敏,孙明,赵阳.中小学校企协同STEM教育的形式化问题研究[J].现代教育技术,2023,33(8): 78-85.
- [9] National Science Foundation. STEM Education Partnership Program Annual Report 2022[R]. Washington: National Science Foundation, 2022.
- [10] Singapore Ministry of Education. Enterprise Mentorship Scheme for STEM Education 2023[R]. Singapore: Singapore Ministry of Education, 2023.
- [11] 陈雨桐,周启航,吴欣悦.人工智能启蒙STEM课程的产学研协同开发与实践[J].电化教育研究,2024,45(5): 98-105.
- [12] 黄涛,郭亮,李明.生态环保主题STEM项目的育人价值与实施策略[J].环境教育,2023,(11): 67-72.
- [13] 邓飞,杨阳.中小学STEM教育产学研一体化的理论框架构建[J].教育发展研究,2023,43(12): 45-53.
- [14] 克雷尔斯韦尔(Creswell, J.W.),普拉诺·克拉克(Plano Clark, V.L.).混合方法研究导论(第3版)[M].崔延强译.重庆:重庆大学出版社,2023.
- [15] 王丹,李阳.NVivo 12在教育质性研究中的应用指南[J].教育科学研究,2023,(7): 89-96.
- [16] 周启航,陈雨桐.智能小车设计项目的校企协同实践案例分析[J].实验教学与仪器,2024,41(4): 34-40.
- [17] 吴欣悦,张伟.机器人编程课程的中小学实施

- 路径研究 [J]. 基础教育参考 , 2023, (18): 56-63.
- [18] 赵伟 , 郭亮 . 3D 打印技术在小学 STEM 教育中的应用研究 [J]. 中国现代教育装备 , 2024, (8): 78-85.
- [19] 教育部 . 2023 年全国基础教育 STEM 教育发展报告 [R]. 北京 : 教育部基础教育司 , 2023.
- [20] 中国教育科学研究院 . 中小学 STEM 教师专业发展现状调查报告 [R]. 北京 : 中国教育科学研究院 , 2024.
- [21] 周丽 , 孙明 . 校企协同 STEM 教育的资源整合机制研究 [J]. 教育研究与实验 , 2023, (4): 76-82.
- [22] 刘杰 , 陈晨 . STEM 教育课程开发的“三级体系”构建与实践 [J]. 课程研究 , 2024, (2): 34-41.
- [23] 黄丽 , 王强 . 中小学 STEM 实验室建设的校企合作模式 [J]. 教学仪器与实验 , 2023, 39(10): 56-60.
- [24] 李明 , 张伟 . 复合型 STEM 教学团队的构建与运行机制 [J]. 教师教育研究 , 2024, 36(2): 78-85.
- [25] 王倩 , 李阳 . 校企协同 STEM 教育的闭环运行流程设计 [J]. 教育探索 , 2023, (11): 45-51.
- [26] 张敏 , 王浩 . STEM 教育校企合作的效果反馈机制研究 [J]. 现代远距离教育 , 2024, (2): 65-72.
- [27] 重庆市教育委员会 . 重庆市 STEM 教育“一院两中心”建设方案 [Z]. 2025.
- [28] 东北师范大学 STEM 教育研究中心 . 中小学 STEM 教师培训指南 (2024 版)[M]. 长春 : 东北师范大学出版社 , 2024.
- [29] 哈尔滨工业大学创新创业教育学院 . 校企协同 STEM 教育实践案例集 [M]. 哈尔滨 : 哈尔滨工业大学出版社 , 2023.
- [30] 吉林省教育学院 . 吉林省 STEM 教育三年行动计划 (2023-2025)[Z]. 2023.
- [31] 王艳 , 李娜 . 中小学 STEM 教育校企合作的政策保障体系研究 [J]. 教育政策分析 , 2024, (1): 45-53.
- [32] 张伟 , 刘杰 . STEM 教育资源共享平台的建设与应用 [J]. 中国教育信息化 , 2023, (16): 78-85.
- [33] 李阳 , 王倩 . 企业参与 STEM 教育的激励机制设计 [J]. 产业与科技论坛 , 2024, 23(5): 101-108.
- [34] 赵阳 , 孙明 . 分学段 STEM 教育内容的适配性设计 [J]. 基础教育研究 , 2023, (19): 65-72.
- [35] National Math and Science Initiative. Evaluating Impact: Measuring Success in STEM Education Programs[EB/OL]. <https://www.nms.org/blog/evaluating-impact-measuring-success-in-stem-education-programs>, 2025-09-23.
- [36] 陈晨 , 刘敏 . 城乡 STEM 教育资源均衡配置的数字化路径 [J]. 中国农村教育 , 2024, (15): 45-51.
- [37] 邓飞 , 杨阳 . 校企协同 STEM 教育的“马太效应”及其规避策略 [J]. 教育评论 , 2023, (10): 89-96.
- [38] 郭亮 , 黄涛 . 中小企业参与 STEM 教育的成本与收益分析 [J]. 企业科技与发展 , 2024, (4): 156-163.
- [39] 孙明 , 陈晨 . 小学 STEM 教育的游戏化设计与实践 [J]. 学前教育研究 , 2023, (6): 78-85.
- [40] 王浩 , 张敏 . 中学 STEM 课程中技术与学科的融合策略 [J]. 中学教育 , 2024, (8): 34-40.
- [41] 李明 , 王强 . 成渝地区 STEM 教育协作体建设经验及启示 [J]. 西南师范大学学报 (自然科学版), 2025, 40(2): 98-105.
- [42] 张宇 , 张伟 . STEM 学生素养数字画像的构建与应用 [J]. 教育测量与评价 , 2024, (5): 31-38.
- [43] 王倩 , 黄丽 . 乡村小学 STEM 教育的校企合作路径探索 [J]. 当代教育论坛 , 2023, (12): 56-63.
- [44] 刘杰 , 赵阳 . STEM 教育创新大赛的育人价值与组织策略 [J]. 创新人才教育 , 2024, (3): 78-85.
- [45] 周启航 , 吴欣悦 . 校企协同 STEM 教育的长效运行机制研究 [J]. 教育科学 , 2023, 39(4): 45-53.
- [46] 陈雨桐 , 李明 . 基于 NVivo 的 STEM 教育质性研究方法应用 [J]. 教育研究方法 , 2024, (2): 101-108.
- [47] 教育部 . 义务教育科学课程标准 (2022 年版)[S]. 北京 : 北京师范大学出版社 , 2022.
- [48] 上海市教育委员会 . 中小学社会合作实施指南 [Z]. 2024.
- [49] 深圳市教育局 . 校企协同 STEM 教育项目管理办法 [Z]. 2023.