

基于 STEM 与创客理念的中小学工程教育课程设计——以“传感器机器人”为例

李轶群¹, 蔡慧英^{2*}, 丁亚宁³

¹²³ 江南大学 人文学院

280798954@qq.com

【摘要】 本文以“传感器机器人”项目为例,探讨了基于 STEM 与创客理念的中小学工程教育课程设计。研究发现,STEM 教育在培养学生跨学科综合能力和创新思维方面具有重要作用,但目前 K-12 阶段的工程教育仍然存在不足。为解决这一问题,本文提出了核心原则:首先聚焦工程设计,然后循序渐进地融入相关学科知识,以培养学生的工程思维习惯。该课程为我国中小学实施以工程设计为导向的 STEM 教育提供了具体的路径和参考。未来可以在此基础上进一步增加编程内容、优化评价机制,并根据不同年级学生的特点进行相应调整。

【关键词】 课程设计; STEM 教育; 中小学工程教育

Abstract: This paper explores engineering education in K-12 schools using the “Sensor Robot” project, based on STEM and maker philosophies. It finds that while STEM education significantly enhances interdisciplinary skills and innovation, current K-12 engineering education still has shortcomings. To address this, the paper proposes focusing on engineering design and gradually integrating related knowledge to develop students' engineering thinking habits. This approach provides a practical pathway for implementing engineering design-oriented STEM education in China. Future work could include more programming, optimized evaluation, and adjustments for different grade levels.

Keywords: Curriculum Design, STEM Education, Engineering Education in Primary and Secondary Schools

基金项目: 本文系 2022 年江苏高校哲学社会科学重大项目《人工智能赋能中小学教师教研的治理策略研究》(课题编号: 2022SJZD037); 2024 年认知智能全国重点实验室智能教育开放课题《成式人工智能在中小学教师跨学科教学设计能力发展中的应用模式及成效研究》(课题编号: iED2004-M006) 资助

1. 前言

STEM 教育起源于 20 世纪 80 年代,由美国国家科学委员会提出“STEM (科学、技术、工程、数学) 教育集成”倡议,并发展为国家战略,旨在鼓励学生选择技术、工程、数学等领域学科,提升人才储备以保持科技创新领先地位。STEM 教育强调学科间整合与实践应用,培养学生科学探究能力、创新意识和批判性思维,以应对现代社会经济挑战(陈越洋, 桑标, 2024)。在 STEM 教育中,工程是核心组成部分,通过项目化学习和实践探索培养跨学科综合能力和创新精神(程薇等, 2024),工程设计过程将科学、技术、数学等领域知识联系起来,提升学生工程思维能力及其他高阶思维能力(宓洽群, 1989)。

当今世界快速变革,工程技术成为应对人类生存挑战、推动社会进步和经济增长的关键力量。随着社会对工程人才素质要求提高,工程教育需从中小学阶段介入,以培养适应未来社会需求的工程型人才。早期工程教育使学生接触科技和工程领域,了解职业选择,有助于明确兴趣方向,为职业发展做准备(邢志强, 王伟宾, 2021)。党的二十大报告强调教育、科技和人才的深度融合,以实现 2035 年建设教育强国的目标。在新时代背景下,发展工程教育具有重要理论价值,能够提升学生综合素质和创新能力。通过工程教育,学生在解决问题过程中学习知识技能,提升道德素养和实践能力,形成 STEM 综合性思维模式。此外,工

程教育鼓励教师采用多种教育方法，推动课程改革和教育创新，因此进行工程教育课程设计具有重大意义。

2. 基于中小学工程教育课程内容与评价

本文课程设计基于 EiE 和 Teaching Engineering 网站的工程设计理论，以机器人编程技能为核心，设计三个学习活动环节。首先，学生深入学习颜色传感器的工作原理，理解其如何将光信号转化为电信号以驱动电机。其次，学生将学习通过颜色传感器获取输入并控制电机跟随光源。最后，学生对比机器人对颜色传感器输入的响应与人类对光的响应，从跨学科角度理解光信号的感知和响应机制。通过这些设计，学生在编程和传感器技术应用中得到全面锻炼，深入理解机器人技术及其工作原理，并培养跨学科思维能力。

2.1. 课程设计基本理念

2.1.1. 促进跨学科融合 跨学科融合是 STEM 教育的核心，关键在于如何将科学、技术、工程和数学等学科巧妙结合，实现各学科之间的深度联系，从而提升学生解决实际问题的综合能力。在课程设计中，Herschbach 提出了两种整合路径：一是“相关课程融合模式”，即各学科保持独立，但教学内容上注重挖掘它们之间的内在关联；二是“广域课程融合模式”，这种模式打破学科之间的界限，将不同学科内容融为一体，并通过精心设计的学习活动，形成一个综合的技能培养体系。本课程采用了第二种模式，围绕“传感器及其原理”这一富有工程实践性的主题，将科学、技术、数学等知识融合在一起，旨在全面提升学生的 STEM 综合素养。

2.1.2. 注重情景化学习与动手实验 在课程实施中，情境化学习以现实问题为驱动，将知识传授与实践能力的培养相融合。例如，课程围绕“传感器机器人的设计”展开，通过任务驱动的学习场景，助力学生在模拟或真实的工程环境中学习和实践。这不仅加深了学生对学科内容的理解，还让他们在解决问题的过程中感受到知识的实际价值，提升综合分析和创新能力。实践操作作为情境化学习的重要组成部分，通过动手实验和项目实践激发学生的学习兴趣 and 创造力。课程设置了观察、实验、探究和制作等环节，让学生在亲身体验中验证理论，并将其应用到实际项目中。例如，在学习“传感器原理”时，学生需设计并制作简易传感器模型，测试其性能和功能，从而深入理解工作原理。这一过程不仅加深了学生对知识的理解，还通过动手实践培养了解决实际问题的能力和创新精神。

2.1.3. 关注群体协作学习 群体协作学习是本课程设计中的另一个重要理念。它强调通过团队合作，学生能够相互帮助、启发思维，共同完成知识建构过程。本课程以工程设计任务为核心，创造具有挑战性的学习情境，要求学生以小组为单位，合作开展学习活动。具体来说，学生需要共同收集和分析资料，集思广益提出创新性方案，并通过实践验证方案的可行性，最后对学习成果进行全面评价。团队协作的学习方式不仅为学生提供了一个思维碰撞的平台，还促进了他们对知识的深入理解和巩固。

2.2. 课程目标与学情分析

2.2.1. 教学目标 本课程以“设计一个传感器机器人”为核心任务，通过理论与实践帮助学生实现以下目标：1. 掌握机器人编程技能，实现通过颜色传感器获取输入并控制电机跟随光源。2. 熟记并应用颜色传感器和程序的工作原理，了解光信号如何转化为电信号驱动电机。3. 引导学生将机器人对颜色传感器的响应与人类对光的反应进行跨学科对比，深化对传感器技术及其应用的理解。

2.2.2. 学情分析 本课程面向八年级学生，他们已掌握“传感器原理”基础知识与信息技术，日常使用传感器设备，对传感器有一定感性认识。八年级学生好奇心与求知欲强，尤其喜欢实践探索新知识，对传感器工作原理和应用场景充满好奇，渴望动手操作与案例分析以加深理解，这为学习提供了积极的内在动机。然而，传感器技术涉及多学科，工作原理抽象，学生在理解和描述不同类型传感器工作机制时可能会遇到困难，这些难点是教学中需要重点关注的挑战。

2.3.课程任务与流程设计

基于学习者的学情状态与工程设计的基本思路，本课程设计采用由浅入深的三个阶段引导学习者进行学习。

表 1 第一阶段：什么是传感器？

名称	教学内容	设计目标
创设情境、提出任务	① 教师以“房间中自动打开的灯”与“人类的五种主要感官”导入传感器主题，介绍本节课流程，并实施预测验，考查学生对传感器的先前认知水平，以便后续针对性讲解与引导。 ② 教师通过阐述“刺激-传感器-协调器-效应器-响应”框架的概念，与学生明确本课程的实践范畴和学习目标。	① 通过复习引入机器人编程使其跟随光明移动的主题，并介绍本节课流程。 ② 为考查学生先前认知水平，以便后续针对性讲解与引导，先进行预测验。

表 2 第二阶段：对机器人编程使其跟随光明移动

名称	教学内容	设计目标
初次设计制作与尝试	① 教师通过将班级分成每组 3 名学生来启动活动；随后分发组装好的乐高任务机器人以及将颜色传感器连接到它们所需的零件。接着，指导每组学生依据乐高核心套装中的说明，将颜色传感器正确连接到各自的任务机器人上。 ② 教师指导学生在其小组内开展工作，首先要求他们构思程序的逻辑框架，随后再着手进行详尽的编程任务。之后，让学生利用计算机编写程序，并将其下载至 ESP32 智能程序块中进行测试，根据测试结果进行必要的调试与重新测试，直至程序运行顺畅。 ③ 制作完成的传感器机器人进行测试，学生观察测试结果，分析在测试过程中失败（或成功）的原因，并对本次模型制作进行反思，提出改进措施，形成测试报告。	① 学会用规范的 python 表达式写出实际需求 ② 建立理论与实践的联系，将所学结构知识运用于实践操作，通过实践具化理论知识。 ③ 培养学生的动手能力和批判性思维。

表 3 第三阶段：传感机器人的总结与扩展

名称	教学内容	设计目标
总结与扩展	① 活动接近尾声时，教师组织全班开展讨论，邀请学生分享他们在活动中的体验与收获。 ② 教师总结本节课的教学重点。 ③ 学生基于传感器的原理，对机器人进行个性化设计。 ④ 基于学生的个性化设计进行全班展示和交流。	① 对传感器的工作原理深入了解并进行应用。 ② 再一次构建理论与实践的联系，将所学结构知识运用于实践操作，通过实践加深对知识内涵的理解。

2.4.学习评价设计

本课程采用过程性评价与结果性评价相结合的策略，遵从理解性教学的课程设计，旨在学生充分掌握并能可以将所学知识加以应用。过程性评价设计如表 4 所示。

表 4 过程性评价表

评价内容	具体要求	自我评价	他人评价
	★★★★	★★★★★	
项目规划	完成项目规划书，缺少项目任务明确，规划规划项目内容完整，规划合理，人员分工或相对简单。合理，有小组成员分人员分工明确，步骤流程清晰。	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆

工。

技术应用	基本符合要求，程序能够执行，自己设计或修改的代码不多，个别代码有错误。	能够基本掌握传感器的工作原理，运行传感器机器人。	能够熟练掌握传感器的工作原理，设计出自己的传感器机器人。	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆
功能实现	完成基本功能，有少量代码可以改进。	预设功能基本实现，能准确应用所学知识。	预设功能全部实现，能灵活应用所学知识，扩展功能应用。	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆
学习过程	能够与小组合作，参与整个学习过程。	能够与小组合作，积极投入到整个学习过程中起到主导作用，积极投入到整个学习过程。	能够与小组合作，在整个学习过程中起到主导作用，积极投入到整个学习过程。	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆
项目进度	各项目任务基本按计划完成。	各项目任务按进度计划完成。	各项目任务都按进度计划高效高质量完成。	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆
展示交流	表达较清晰，能够叙述本组项目内容的基本情况。	表达清晰，对本组项目内容叙述清晰、有条理。	表达清晰，对本组项目内容叙述清晰，声音响亮，讲解与展示内容配合到位，有条理性和感染力。	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆

此外，老师与同学们也会基于最后的传感器机器人设计的功能实现和创新型进行加权制打分，作为总结性评价。两次结构模型设计制作作为评价学生知识掌握情况的主要载体，评价内容涵盖传感器机器人的设计理念、传感器使用情况、外形创意、加载表现及加载测试报告。

3.结语

本课程设计以传感器机器人为载体，融合编程原理与传感器技术，引导学生探究“刺激-传感器-协调器-效应器-响应”框架在机器人系统中的应用。通过分组活动与实践操作，学生掌握颜色传感器工作原理及其在机器人编程中的应用，体验工程设计全过程，从问题框架搭建到最终设计迭代优化，全方位锻炼逻辑思维、团队协作与问题解决能力。课程讨论环节加深学生对知识的理解，激发其对传感器技术现实应用的思考与创意。此外，反思与奖励机制巩固学生学习成果，激发其对未来学习的兴趣，培养持续学习与自我提升的意识。

传感器机器人课程为我国初中开展工程设计类 STEM 课程提供了可行路径。各校可结合自身条件和学生特点，尝试多样化教学模式。例如，加入 Python 编程促进计算思维发展；将课程评价与校内编程比赛或校外机器人竞赛结合，提升学习积极性；对于难度较大的 Python 编程，可改为 Scratch 等图形化编程软件，以适应低年级学生的学习需求。这不仅提升学生信息技术素养，也为 STEM 教育实践提供参考，为学生在相关领域的学习与创新奠定基础。

参考文献

陈越洋 & 桑标.(2024). 我国高校 STEM 人才培养的现状与趋势——基于整体分析模型. *教育发展研究* (21), 17-26. doi:10.14121/j.cnki.1008-3855.2024.21.004.

程薇, 杨淑婷, 汤倩雯, 张妍 & 殷子涵.(2024).何以开展跨学科主题学习? 来自整合 STEM 教育的研究启示.*现代教育技术*(12), 56-64.

宓洽群.(1989).工程教育的新概念.*高等工程教育研究*(01), 13-16.

邢志强 & 王伟宾.(2021).新时代我国中小学工程教育的必要性与对策——基于高校与中小学教育融合的视角.*首都师范大学学报(社会科学版)*(04), 160-168.

Herschbach, D. R. (2011). The STEM initiative: Constraints and challenges.*Journal of stem teacher education* , 48(1), 96-122.