

Design and Practice of STEM Project-based Learning Based on Performance Evaluation-Taking “Design and Production of Creative Voice-controlled Desk Lamp” as an Example

Jianjiang Luo

1. Faculty of Education, Northeast Normal University, Changchun, Jilin, 130024, China
2. The High School Attached to Northeast Normal University, Changchun, Jilin, 130021, China

Abstract

With the deepening of educational reforms and the growing popularity of STEM education, the traditional knowledge-centered teaching model has become increasingly inadequate for cultivating innovative talents. This study examines the “Creative Voice-Control Desk Lamp Design and Production” project in the second year of high school, establishing a performance-based assessment framework for STEM project-based learning. Through a complete teaching process encompassing “research, design, production, assembly and debugging, and evaluation,” the project integrates multidisciplinary knowledge from mathematics, physics, technology, engineering, and art. A diversified evaluation system is employed to dynamically assess students’ comprehensive abilities. The findings demonstrate that this teaching model effectively enhances students’ interdisciplinary application skills, hands-on capabilities, and teamwork competencies, while providing a replicable paradigm for implementing performance-based assessment in STEM education.

Keywords

Performance assessment; STEM education; Project-based learning; Interdisciplinary integration; Creative design

基于表现性评价的 STEM 项目式学习设计与实践——以《创意声控台灯的设计与制作》为例

罗建将

1. 东北师范大学教育学部，中国·吉林 长春 130021
2. 东北师范大学附属中学，中国·吉林 长春 130021

摘 要

随着教育改革不断深化、STEM教育日益普及，传统偏重知识传授的教学模式，已越来越难适配创新人才的培养要求。本文选取高二年级《创意声控台灯的设计与制作》项目展开研究，搭建起基于表现性评价的STEM项目式学习框架，依托“调研—设计—制作—组装调试—评价”的完整教学流程，将数学、物理、技术、工程、艺术等多学科知识有机整合，搭配多元评价工具对学生的综合能力进行动态评估。研究结果显示，这一教学模式能有效提升学生的跨学科应用能力、动手实践能力与团队协作素养，也为表现性评价在STEM教育中的落地，提供了可借鉴的实践范式。

关键词

表现性评价；STEM教育；项目式学习；跨学科整合；创意设计

1 引言

随着《全民科学素质行动计划纲要实施方案（2021—

【基金项目】吉林省教育科学“十四五”规划2025年度课题“吉林省大中小学生科技创新活动资源共建共享模式研究”（项目编号：GH25596）。

【作者简介】罗建将（1986—），男，中国山西晋中人，硕士，中教一级，从事通用技术教学，科创教育，STEM教育研究。

2035年）》《教育部等十八部门关于加强新时代中小学科学教育工作的意见》《教育部等七部门关于加强中小学科技教育的意见》等政策的出台，^{[1][2][3]}联合国教科文组织国际STEM教育研究所在我国上海正式成立之际，我国STEM教育进入高质量发展阶段。政策明确提出要“强化跨学科整合，推动探究式、项目式学习，完善科学教育评价体系”。^[4]然而，当前STEM教学实践中仍存在“重知识灌输轻实践应用”“评价方式单一化”等问题，表现为教学过程与真实问题脱节，评价聚焦结果而非能力发展，难以全面衡量学生的创新思维与实践素养。^[5]

表现性评价作为一种强调“在真实情境中通过任务完成展现能力”的评估方式,与STEM教育“跨学科、重实践、育创新”的理念高度契合。它通过设计具有挑战性的任务,让学生在解决问题的过程中展现知识应用、技能掌握与思维发展水平,为STEM教学提供了科学的评价路径。^[6]在此背景下,本文以《创意声控台灯的设计与制作》项目为载体,探索表现性评价与STEM项目式学习的深度融合,^[7]旨在解决当前STEM教学中“评价与教学脱节”“能力培养碎片化”等痛点。^[8]

2 研究意义

2.1 理论意义

丰富STEM教育中表现性评价的理论框架,明确表现性评价任务的设计原则、实施流程与评价维度,为跨学科教学评价提供理论支撑;丰富“智能硬件应用”与“表现性评价”结合的研究案例,拓展STEM教育评价的研究范畴。

2.2 实践意义

为高中STEM课程提供可操作的教学方案,通过具体项目案例展示“评价嵌入教学全过程”的实施路径;为教师提供多元评价工具,如评价量规、设计单,助力教师精准把握学生学习动态,实现个性化教学;提升学生的跨学科应用能力与创新素养,为培养科技后备人才奠定基础。

2.3 研究方法

本文采用行动研究法与案例研究法,以某高中高二年级5个班级共200名学生为研究对象,开展为期3课时的《创意声控台灯的设计与制作》教学实践。通过课堂观察、学生作品分析、评价数据统计、访谈等方式收集数据,运用质性与量化相结合的方法分析教学效果,验证基于表现性评价的STEM项目式学习模式的有效性。

3 理论基础

3.1 STEM教育理论

STEM教育源于美国,强调科学(Science)、技术(Technology)、工程(Engineering)、数学(Mathematics)的跨学科整合,核心是通过真实问题驱动,让学生在动手实践中构建知识体系、发展综合能力^[9]。其“跨学科整合”理念并非简单的学科叠加,而是以工程设计为核心,将多学科知识融入项目解决过程,如在《创意声控台灯的设计与制作》中,数学的空间几何知识用于台灯造型设计,材料性能决定台灯结构稳定和强度,物理的电路原理支撑声控模块开发,艺术的审美理念指导灯罩创意设计,形成“问题—设计—解决—优化”的完整学习闭环。

基于表现性任务的STEM项目需具备“真实性、挑战性、开放性、进阶性”四大特征^[10]:真实性要求项目源于生活实际,如本文中“老人起夜照明”的问题设计;挑战性需符合学生认知水平,如电路焊接、结构优化等任务;开放性则

允许学生自主选择设计方案,体现个性化思维开放创新;进阶性则根据不同学生的认知和技能水平,设计进阶性的任务目标,达到分层教学效果。学生这一理论为本文项目设计提供了核心依据。

3.2 项目式学习(PBL)理论

项目式学习以“学生为中心”,通过完成真实项目实现知识建构与能力发展,其关键要素包括“驱动性问题、核心任务、成果展示、反思评价”^[11]。与传统教学相比,PBL更注重学习过程中的主动探究与团队协作,如在声控台灯项目中,学生需以小组为单位完成调研、设计、制作等任务,在解决“如何提高声控灵敏度”“如何保证结构稳定”等问题中深化知识理解。

PBL的核心价值在于“让学习真实发生”,即通过任务驱动激发学生的内在学习动机,使知识获取与能力发展同步进行。本文项目设计严格遵循PBL“启动—探究—成果—反思”四阶段流程,确保学生在实践中实现深度学习。

3.3 表现性评价理论

表现性评价源于建构主义学习理论,强调“通过学生的实际表现评估其能力水平”,核心是设计“表现性任务”与“评价量规”^[12]。表现性任务需具备“情境真实性、任务复杂性、能力综合性”特征,如本文中“设计并制作声控台灯”的任务,需学生综合运用多学科知识与技能;评价量规则需明确评价维度与等级标准,实现评估的客观性与全面性。

表现性评价贯穿教学全过程,包括前置评价用于诊断学情或明确阶段目标、过程评价用于监控学习过程、终结评价用于总结成果。^[13]本文结合这一理论,设计了探究设计前置评价表、零构件制作前置评价量表、终结性表现性评价量表,形成“诊断—监控—总结”的完整评价链,确保评价与教学深度融合。

4 实践方案

4.1 项目设计背景与目标

4.1.1 项目背景

针对“老人起夜寻找照明开关不便”的生活痛点,设计“创意声控台灯的设计与制作”项目,要求学生以小组为单位,完成从调研到成品调试的全流程任务,实现“语音指令控制台灯亮灭”的核心功能,并可拓展“亮度调节”“颜色变化”等创意功能。

4.1.2 教学目标

知识目标:掌握声控电路工作原理、结构设计的几何知识、材料选择的工程标准等跨学科知识;

能力目标:提升设计创新能力(如绘制三视图)、动手实践能力(如电路焊接、构件加工)、问题解决能力(如调试优化)、团队协作能力;

素养目标:培养STEM素养、创新思维、劳动意识与社會责任感。

4.2 教学环境与硬件配置

4.2.1 教学空间

选用 STEM 专用功能实验室，划分“设计讨论区”“金工/电工/木工操作区”“3D 打印区”“组装调试区”，配备 6 组实验桌，满足小组协作需求。

4.2.2 硬件与材料

工具设备：3D 打印机、带锯机、台钻、电烙铁、热熔胶枪、

计算机等；

材料：松木条、PVC 管、语音控制 LED 模块、声控模块、电池组、导线、3D 打印材料、废旧包装瓶盖（环保材料）等；
数字化工具：电路设计软件、3D 建模软件等。

4.3 教学进度规划

项目共 3 课时，结合课前调研任务，形成“1+3”教学周期，具体安排如下：

阶段	子任务	时长	核心内容
课前准备	调研	1 周	市场现状、用户需求、技术方案调研
第一课时	探究设计	40 分钟	制定设计方案、绘制设计图、方案评价
第二课时	零构件制作	40 分钟	支撑构件、灯罩、电路控制模块制作与测试
第三课时	组装调试与评价	40 分钟	成品组装、功能调试、多元评价

4.4 分课时教学设计

4.4.1 课前调研阶段

任务内容：各小组围绕“声控台灯”完成 9 项调研问题，如“生活中声控灯的应用场景”“用户对台灯外观的需求”“声控技术的发展状况”等，形成调研报告；

设计意图：培养学生的问题意识与信息收集能力，为后续设计提供现实依据，符合 STEM 教育“真实问题驱动”理念。

4.4.2 第一课时：探究设计

学习目标：制定声控台灯整体结构方案，绘制设计图（草

图或三视图），通过多元评价优化方案；

教学流程：

引入环节（5 分钟）：回顾设计一般原则，展示不同材质台灯案例，分析设计意图；

设计环节（25 分钟）：小组合作完成设计单，包含分组信息、设计分析、制作步骤、材料工具、设计图等内容，教师巡回指导；

评价环节（10 分钟）：评价维度为设计分析、分工情况、材料选择、设计图，开展自评与互评，教师总结优化建议；

评价工具：探究设计前置评价表（见表 1）。

表 1 探究设计前置评价表

评价维度	评价等级与具体描述		
	★★★	★★	★
设计分析	能够进行创新性的分析，提出独特的解决方案，具有前瞻性和战略性	能够进行深入地分析，考虑多种因素，包括用户需求、技术可行性、成本等	能够进行基本的分析，理解设计的基本需求和限制
分工情况	分工精细，确保团队成员能够高效协作，形成强大的合力	分工合理，团队成员能够协同工作，充分发挥各自的优势	分工明确，团队成员了解自己的职责
材料选择	能够创新性地开发新材料，或对现有材料进行优化改造	能够综合考虑多种因素选择最优的材料，包括性能、成本、环保等	能够根据设计需求选择合适的材料
设计图	设计图清晰、详细，精确，设计图具有艺术性和创新性，能够启发他人的思考和灵感	制图清晰、标注清楚，准确反映设计的细节和要求	设计图基本准确，能够反映设计的基本构想

4.4.3 第二课时：零构件制作

学习目标：完成支撑构件、灯罩、电路控制模块制作，掌握测试方法，通过评价确保构件符合设计要求；

教学流程：

制作环节（30 分钟）：小组根据设计方案，选用工具制作构件，如木工加工支撑结构、焊接电路模块，学生操作前，教师强调操作规范和安全；

测试与评价环节（10 分钟）：从支撑结构稳定性、电路控制性能、灯罩匹配效果的三个评价维度开展自评与互评；

评价工具：零构件制作前置评价量表，见表 2。

4.4.4 第三课时：组装调试与评价

学习目标：完成成品组装与调试，通过多元评价总结成果；

教学流程：

组装调试环节（25 分钟）：小组组装各构件，针对实际问题，如结构不稳定、声控灵敏度低开展探究，制定解决方案，见表 3；

展示评价环节（15 分钟）：各小组展示成品，分享制作经验，从设计创意、作品功能、工艺规范、经济环保、团队协作五个评价维度开展自评、互评与教师评价；

评价工具：终结性表现性评价量表，见表 4。

表 2 零构件制作前置评价量表

评价维度	评价等级与具体描述		
	★★★	★★	★
支撑结构部分	支撑结构创新且稳固，材料质量良好，能满足长时间使用需求，安全可靠，美观大方。	支撑结构基本稳定，材料质量一般，能满足基本使用需求，但不够美观。	支撑结构简单，材料质量差，易损坏，不安全。
电路控制部分	电路功能稳定，可靠性高，响应速度快，声音识别准确性高。	电路功能较稳定，可靠性较高，响应速度较快，声音识别准确性较高。	电路功能不稳定，可靠性低，灵敏度低，声音识别准确性较低。
灯罩部分	结构精美，与台灯的整体风格相协调，具有良好的装饰效果；透气性好，不易积聚热量，有效防止灯具过热；灯罩的透光性良好，无眩光，能够均匀照亮周围环境。	材料选择与结构基本符合台灯的整体风格，具有一定的装饰效果；透光性较好，眩光控制一般；透气性较好，能够较好地防止灯具过热。	材料选择与结构与台灯的整体风格不太协调，装饰效果一般；透光性较差，眩光控制不好；透气性较差，容易积聚热量。

表 3 “发现－分析－解决”问题情况表

组装、调试过程中出现的问题	学生问题分析探究	学生对应解决方法
例 1：台灯整体结构不稳定	1. 形状不稳定； 2. “头重脚轻”； 3. 组装不牢固。	1. 增加稳定支撑，形成稳定结构； 2. 降低重心，更换轻小灯罩或增加底座重量； 3. 用热熔胶枪等加固松动部分。
例 2：语音控制台灯开关灵敏度不够	1. 控制语音音量小，环境噪声大； 2. 麦克位置放置不合理；	1. 在安静环境下测试性能； 2. 调整麦克的固定位置，使其很好地收音，灯罩必要时打孔，露出麦克。
例 3：测试时，性能不稳定，时好时坏	1. 可能连接导线与语音控制模块接触不良； 2. 供电电池组连接不稳定	检查连接线路是否正确和连接牢固
.....		

表 4 终结性表现性评价量表

评价维度	二级指标	评价等级与具体描述			评价主体		
		★★★	★★	★	小组自评	小组互评	教师评价
设计创意	设计思想、人机关系、结构新颖程度	具有独特性，不仅满足当前需求，还考虑到未来发展；人机交互自然、高效，提供良好的用户体验；结构独特，新颖且具有创意，让人印象深刻	具有一定的创新性，能够满足使用需求；人机交互良好，使用较为便捷；结构具有一定的新颖性，具有一定的吸引力	缺乏创新，仅满足基本需求；人机交互不友好，使用起来不方便；结构传统，无新颖之处			
作品功能	功能实现性、多样性、稳固性	台灯设计基本功能实现，还实现了其他功能，整体结构稳定	设计功能基本实现，整体结构较稳定	设计功能未实现，整体结构不稳定			
工艺规范	操作规范、工艺精细程度	工艺操作规范严格，工艺精细程度高	工艺操作规范基本规范，工艺精细程度一般	工艺操作规范不规范，工艺精细程度差			
经济环保	材料选择、成本控制	在材料选择方面，能够根据设计要求合理选择适合的材料，同时所选材料的可获得性较高。在成本控制方面，能够精确预测和控制成本，同时利用废旧物品材料，有效降低成本，并且保持产品质量和性能	在材料选择方面，能够做出合理的选择，考虑材料的性能、价格、可获得性等多方面因素。在成本控制方面，能够进行有效的成本控制，避免浪费	在材料选择和成本控制方面，仅能满足基本要求，没有明显的优势或不足			
团队协作	小组成员分工协作情况	成员之间分工明确，各司其职，沟通频繁，积极配合，能主动承担责任，能够全力相互支持，协作效率高	成员之间分工较明确，沟通基本顺畅，责任感较强，能够相互支持，协作效率较高	成员之间分工不够明确，沟通不够频繁，责任感较弱，相互之间支持不够，协作效率较低			

5 方案实践效果反思

5.1 实践效果分析

5.1.1 学生能力提升

跨学科应用能力: 85% 的学生能熟练运用数学几何知识设计台灯结构, 78% 的学生掌握声控电路原理, 实现知识迁移;

动手实践能力: 65% 的学生能规范使用电烙铁、台钻等工具, 完成电路焊接与构件加工, 30% 的小组成功拓展亮度调节功能;

问题解决能力: 针对结构不稳定、声控灵敏度低等问题, 各小组均能通过分析, 如头重脚轻、麦克风位置不合理, 提出对应解决方案, 如增加底座重量、调整麦克风位置, 问题解决率达 90%;

团队协作能力: 从评价数据看, 70% 的小组在团队协作的维度获三星, 表现为分工明确、沟通频繁、协作高效。

5.1.2 教师教学改进

教学理念更新: 教师从知识传授者转变为引导者, 通过设计驱动性问题, 如何满足老人使用需求激发学生主动探究。

5.2 存在问题反思

5.2.1 学生层面

个体差异明显: 部分学生动手能力较弱, 如焊接不规范, 导致构件制作耗时较长, 需加强个性化指导;

创新深度不足: 多数小组仅实现声控亮灭基本功能, 拓展功能, 如人体感应+声控较少, 需进一步激发创新思维。

5.2.2 教学层面

课时安排紧张: 3 课时难以完成复杂构件制作, 如 3D 打印灯罩, 需优化课时分配, 如增加 1 课时专项制作;

资源配置不均: 3D 打印机、台钻等设备数量有限, 部分小组需排队使用, 影响教学进度, 需补充硬件资源。

5.2.3 评价层面

评价标准细化不足: 设计创意、工艺规范等维度的评价标准较笼统, 需进一步细化, 如工艺规范可增加焊点平整度、尺寸误差等具体指标;

评价反馈滞后: 互评后学生对如何优化方案的理解仍不清晰, 需加强评价后的针对性指导。

5.3 改进策略

个性化教学: 采用分层任务设计, 为能力较弱学生提供基础操作指南, 为能力较强学生设置创新挑战, 如多模式控制台灯;

资源优化: 增加硬件设备数量, 引入共享工具管理制度, 提高设备使用效率;

评价完善: 细化评价标准, 增加评价反馈工作坊, 引导学生根据评价结果制定优化方案。

6 结论与展望

6.1 研究结论

理论层面: 验证了表现性评价与 STEM 项目式学习的适配性, 构建的“三维三阶”评价体系, 丰富了 STEM 教育评价理论, 为跨学科教学评价提供了新范式;

实践层面: 《创意声控台灯的设计与制作》项目有效提升了学生的跨学科应用能力、动手实践能力与团队协作素养, 85% 以上的学生对 STEM 学习兴趣显著提高;

课程层面: 形成的“调研—设计—制作—调试—评价”STEM 课程流程, 实现了“教学—评价—反馈”的闭环, 为高中 STEM 课程开发提供了可复制的实践路径。

6.2 未来展望

课程拓展: 将项目拓展至智能家居、环保创意作品等领域, 构建系列化 STEM 课程体系, 深化跨学科整合;

技术融合: 引入人工智能, 如 AI 设计软件; 虚拟现实, 如 VR 电路模拟等技术, 提升教学的趣味性与创新性;

协同育人: 加强与高校、企业合作, 引入高校教授指导、企业工程师讲座, 提升项目的专业性与实践性;

评价深化: 基于大数据技术, 构建学生能力发展追踪系统, 通过分析评价数据, 实现个性化教学与精准评价。

参考文献

- [1] 国务院办公厅.全民科学素质行动规划纲要(2021—2035年)[EB/OL].(2021-06-03).https://www.gov.cn/gongbao/content/2021/content_5623051.htm.
- [2] 教育部等十八部门.教育部等十八部门关于加强新时代中小学科学教育工作的意见[EB/OL].2023-05-29.http://www.moe.gov.cn/srcsite/A29/202305/t20230529_1061838.html.
- [3] 教育部等七部门.教育部等七部门关于加强中小学科技教育的意见(EB/OL).[教基〔2025〕7号].2025-10-23. http://www.moe.gov.cn/srcsite/A06/jcys_jyzb/202511/t20251111_1419878.html.
- [4] 黄志红.中小学STEM教育的发展:现状、问题及建议[J].广东教育(综合版),2020,(02):41-42.
- [5] 宋歌.国外科学教育中的表现性评价述评[J].外国中小学教育,2017,(06):17-25.
- [6] 沈启正.项目式学习中表现性评价的设计[J].基础教育课程,2020,(23):66-74.
- [7] 虞佳怡.在项目式学习中实行表现性评价[J].小学科学,2024,(06):37-40.
- [8] 陈婧雅.高中人工智能课程的表现性评价框架设计与分析[J].中国现代教育装备,2021,(12):40-42.DOI:10.13492/j.cnki.cmee.2021.12.012.
- [9] 杜文彬.STEM教育的发展路径、本质内涵与价值追求[J].全球教育展望,2025,54(11):12-24.
- [10] 章勤琼,聂菲.素养导向的表现性任务:内涵解析、关键特征与设计路径[J].当代教育科学,2024,(12):43-52.

- [11] 陈语阳,孙兰,刘悦涵.项目式学习研究:文献综述与展望[J].教育进展,2024,,14(10): 856-861.<https://doi.org/10.12677/ae.2024.14101944>.
- [12] 鲍勃·伦兹,贾斯汀·威尔士,莎莉·金斯敦著.21 世纪学习与测评译丛·变革学校:项目式学习、表现性评价和共同核心标准[M].周文叶,盛慧晓译.长沙:湖南教育出版社,2020.
- [13] 崔允漭.教-学-评一致性:深化课程教学改革之关键[J].中国基础教育,2024,(01):18-22.