

基于6E教学模式的理工类STEM课程评价体系设计 ——以“水中兵器发射技术”课程为例

周 杰, 尹岳昆, 魏 勇

(海军潜艇学院 战略导弹与水中兵器系, 山东 青岛 266071)

摘要: 为在理工类STEM课程中构建合理的评估体系, 以“水中兵器发射技术”课程为例, 分析了STEM课程创设真实问题情境、跨学科融合和强调同伴协作三个主要特点; 结合STEM课程的特点, 阐述了形成性评价为主、总结性评价为辅的评价方式; 发掘了课程内容中需重点评估的要素, 并结合6E教学模式的各实施环节, 确定了具体的评估方法, 设计了过程文档。课程的教学实践为STEM课程评估体系设计提供了可行的方法。

关键词: STEM; 评价体系; 发射技术; 理工类

中图分类号: G642 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-8874(2021)02-0107-06

Design of the Evaluation System for Science and Engineering STEM Courses Based on 6E Teaching and Learning Model: Taking the “Launching Technology of Underwater Weapons” Course as an Example

ZHOU Jie, YIN Yue-kun, WEI Yong

(Department of Strategic Missiles and Underwater Weapons, Naval Submarine Academy, Qingdao 266071, China)

Abstract: To build a reasonable evaluation system for the Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) courses of science and engineering type, this paper took the course of launching technology of underwater weapons as an example, and analyzed three features of the STEM curriculum including setting real situation, integrating disciplines, and emphasizing peer collaboration. Meanwhile, according to the features, this paper elaborated the evaluation method with the leading role of the formative assessment and a supportive role of the summative assessment, and found the important assessment element in the content of the curriculum. For each stage of 6E—Engage, Explore, Explain, Engineering, Enrich, Evaluate—teaching and learning model, we got detail evaluation methods and planned the process documentation. The teaching practice of this courses provided a possible practical route for the evaluation system design of STEM curriculum.

Key words: STEM; evaluation system; launching technology; science and engineering type

一、STEM课程及6E教学模式概述

STEM即科学(Science)、技术(Technology)、

工程(Engineering)、数学(Mathematics)四门学科英文名称首字母的缩写^{[1]1-2}。学科融合是STEM教育的核心^[2]。STEM教育强调营造真实情景, 解决实际问题, 利用科学知识进行探究, 使用工程

思想完成设计,运用数学工具分析问题,借助技术手段制作作品,通过对多学科知识的综合运用实现对现实问题的合理解决。在理工类课程中使用STEM教学模式,其教学活动以PBL方法为核心,旨在培养学生的工程思维能力,通过小组合作学习,以学生为中心,以教师为主导,自主进行科学探究,协作完成工程设计过程,学习者在跨学科的真实情境中提出和分析问题,并使用工程思维找到问题的解决方法^{[3]121-126}。STEM课程强调学习过程,重视学习者的自主探究和合作学习效果,学习过程的形成性评价对STEM课程的教学效果有不可或缺的作用^{[3]121-126}。如何设计形成性考核和总结性考核方式,合理规划课程评估体系是STEM课程开发过程中必须深入研究的问题。本文涉及课程课堂教学采用的6E教学模式,包含参与(Engage)、探究(Explore)、解释(Explain)、工程(Engineer)、深化(Enrich)和评价(Evaluate)六个环节。该教学模式循序渐进,分阶段完成科学探究和工程设计的过程,配合设计合理的支架体系,可以有效降低学生的知识探究难度^[4]。

理工类课程“水中兵器发射技术”是军队院校本科生长军官武器发射工程专业必修专业背景课,其能力生成要求中明确提出了培养STEM素养。本文将以此课程为例,基于6E教学模式,探讨STEM课程的评价体系设计方法。

二、STEM课程特点与评价方式

(一)STEM课程特点

1. 创设真实情境

根据建构主义理论,知识是情境化的^[5],贴近实际生动真实的情境易于激发学员的联想,促进知识探究欲望。“水中兵器发射技术”课程以实战中实际武器发射相关问题为框架,搭建实战化的学习情境,将所学的水中兵器水下发射技术理论知识融入真实作战中的实际问题解决过程,激发学员学习动机,加快知识迁移,提升知识运用效率,让学员通过解决作战中的实际问题,体验实战环境,提升专业业务能力。

2. 跨学科融合

STEM教育的核心特征就是跨学科性,旨在培养学员对多学科知识的综合运用能力,并学会以此解决实际问题的方法^{[6]46-50}。课程通过设置合理

的学习活动实现STEM技能的培养,围绕解决实战问题,在发现问题、分析问题、设计解决方案、验证解决方案的过程中将所有学科内容逐步整合到新的学科领域。

3. 强调同伴协作

协作性作为STEM教育的重要特性,小组协同、同伴支持必须在问题解决方案的设计和验证过程中发挥关键作用。在小组群体协作的过程中相互启发、帮助,并进行同伴互评;在合作学习过程中实现群体性知识建构。本课程以装备原理设计和装备改进设计为牵引,通过小组合作探究,搜集分析资料,讨论提出设计方案,自评讨论效果,互评设计成果。

STEM教育的知识探究和技术实践活动必须基于实际的问题或项目展开,探究活动灵活可变,实践成果标准多样。鉴于教学对象的知识结构和学习能力差异,为保证最终教学效果,必须重视对学习过程和各阶段学习成果的科学评价^{[6]46-50}。STEM课程多元化的学习目标、多学科的学习内容决定了其评价方法、量规的多元化。多元化评价必须在评价体系设计中充分考虑对学员协作能力的评价方法,如小组协作过程中展现的讨论辨析能力、技术实践能力以及同伴交流行为,评价过程与STEM课程教学实施进程紧密结合。STEM课程的评价体系必须结合形成性评价和总结性评价。形成性评价持续监控教学对象的STEM素养培养效果,总结性评价检测课程的最终实施效果^[7]。STEM课程的评价体系应突出形成性评价的主体地位,评价量规设计针对课程的内容特点和具体实施过程,采用多方面(课前自学效果、资料搜集分析、小组讨论过程、方案设计汇报)、多角度(教员角度、学员角度)、多层次(诊断性评价、形成性评价、终结性评价)评价的方法,评估重点聚焦学员的分析能力、评估能力、创新意识等高阶教学目标达成成效。

(二)STEM课程评价要素

STEM课程评价体系围绕过程评价、成果评价和学员自评建设,主要的评估要素包括:

1. 检验教学目标

确保课程有助于学员跨学科素养的提升,评价学员能否应用科学概念、原理和数学模型、方法,遵循工程设计思路和技术测试流程,综合运用多学科知识,解决专业实践问题,完成项目任务。

2. 评估问题解决相关知识掌握程度

强调科学和数学的内在联系, 帮助学员理解使用数学语言描述事物本质的方法。评估学员是否学会综合使用数学和科学知识解决问题^{[1]3}。进行诊断性检测, 评估学员的相关知识掌握情况。

3. 记录小组协作过程

小组讨论与协作是 STEM 课程逐步推进项目解决进程的重要途径, 小组成员对问题解决过程的贡献必须在评价体系中有所体现。通过参考小组讨论过程中的自我评估和同伴互评, 教员对小组成员的表现及时提出意见和建议, 保持良好的团队氛围, 提升小组协作效率。

4. 评估 STEM 技能发展

主要评估学员在寻找问题解决方法和进行方案设计过程中表现出的创新精神, 能够合理运用技术手段完成设计方案和实践成果的工程测试, 定量定性分析测试数据与结果, 依照测试反馈评价方案并做出改进, 通过逻辑清晰、美观大方的表现形式对方案进行展示和汇报。

5. 检视态度和自信改善状况

STEM 课程的培养目标重视能力要素中态度要素的培养, 特别强调自主学习积极性和团队合作协作性。课程评估应针对学员在小组协作中的学习欲望、合作态度、工作完成度和实践创造力等进行全面评估。

6. 推进学员自我反思

自我反思是指个人对阶段性学习过程的再思考, 分析确认学习过程中的优缺点, 总结定位问题, 达到改进效果、调控学习进程的目的。通过自我反思, 发现学员学习优点, 增强学习自信, 提升学习兴趣, 同时也及时发现问题, 找到解决方法, 确定正确的努力方向。因此, 评估体系中必须包含自我反思环节。通过对重难点内容学习过程和团队协作环节的自我反思, 体察学习过程, 形成闭环反馈, 进行及时自我调控, 有效促进自我完善。

三、基于 6E 模式的 STEM 课程评估体系开发实例

水中兵器发射技术课程作为军队院校本科专业课, 在 STEM 教育理论的指导下, 本课程确定设

计型任务主题, 包括自航发射装置原理设计、液压平衡发射装置降噪设计和诱饵发射装置改进设计。教员精讲复杂原理和相关数学知识, 学员通过协作完成原理或改进设计, 并运用仿真程序进行设计指导和方案验证。课程各主题任务的 STEM 综合教学目标如图 1~3 所示。在任务主题实施过程中遵循 6E 设计型教学模式, 在设计时不但要考虑到 STEM 课程跨学科的特点, 完善活动间的环环相扣, 也要依据各个环节的实施特征, 进行课程评价体系开发, 最终形成连贯的、有组织的跨学科学习与多元化评价的课程结构。6E 教学模式各环节教学实施、过程文档设计和评估实施方法如下:

(1) 参与。通过课前阅读相关资料、视频展示、事故复现、统计数据分析、现场参观等方式引导学员进入实战化情境, 分析提出问题, 借助问题牵引, 以项目学习方式完成课程主题任务。此环节的关键是引导学员提出与主题任务相关的问题并引发思考, 同时, 培养学员收集与分析资料的能力。此环节主要通过知识建构表和课前预习测试题完成。知识建构表帮助学员完成自主学习记录和学习自我反思, 包括记录学习的基本概念、知识体系结构和学习疑问, 其中基本概念记录所学的基本概念名称及解释; 知识体系结构主要绘制所学原理和概念之间的思维导图; 学习疑问记录自主学习过程中存在的主要难题或对所学知识的深入思考。课前预习测试题则将直接对学员自学知识出题并在课上测试, 测试包括客观题和主观题, 记录成绩, 计入形成性考核总成绩。

(2) 探究。此环节主要为探究学习, 探究学习的基础是数学方法的理解和应用。在水中兵器发射技术课程中, 此环节的主要任务是协助学员使用数学语言描述发射过程的能量变化规律, 标记特征参数, 记录主要数据等。此环节按照提出问题、做出假设、数学建模、仿真验证、数据分析、形成观点的顺序展开教学活动。学员在此环节需完成实验报告, 记录仿真测试过程。实验报告主要记录实验全过程, 包括实验目的和要求、实验所需器材、内容、实验设计及调试步骤、实验过程数据记录、实验结果和实验总结。实验报告作为过程文档, 记录评估仿真实验的完成度, 作为形成性考核成绩。

类型	知识与技能	过程与方法	情感、态度与价值观
S (Science, 科学)	说出自航式发射装置基本结构。解释自航式发射装置基本原理。分析自航式发射的优缺点。描述中间弹道和外弹道初始阶段,分析发射安全性。	通过倾听教员精讲自航式发射装置基本原理,初步掌握发射装置特点分析方法。通过各阶段弹道分解分析,初步学会发射安全性的分析方法。	讨论事故发生原因,探讨安全发射条件,培养严谨的工作态度,认同矛盾的两面性。承认事物主要矛盾和次要矛盾原理。
T (Technology, 技术)	熟练使用VISIO绘图软件和Simulink软件。在教师的指导下解释仿真例程。	通过解释仿真例程,初步掌握Simulink仿真程序的编程思路,熟练使用基本模块。	体验仿真编程过程,培养严谨规范的编程习惯,通过分析仿真结果,认同事物普遍联系原理。
E (Engineering, 工程)	举例说明工程设计的主要过程。掌握发射装置设计和安全性评估的主要方法。	通过完成自航发射装置设计,学会工程分析的思路 and 主要实施过程。	参与讨论,体验设计过程,承认认识的反复性,树立团队分工协作意识,认识系统与要素的关系原理。
M (Mathematics, 数学)	会推导自航式发射装置内弹道,发射中间弹道和外弹道初始阶段数学模型。解释所有参数的数学含义。	通过解释并使用仿真程序,实现并理解收集数据、记录数据和分析数据方法。	利用各阶段弹道数学模型建立仿真程序,感知主要参数对发射过程的影响,尊重相关水下发射理论的创造性、权威性。

图1 自航式发射装置设计专题 STEM 整合教学目标

类型	知识与技能	过程与方法	情感、态度与价值观
S (Science, 科学)	说出液压平衡式发射装置基本结构。解释基本原理。分析发射噪声产生原因。设计降噪方案。	通过倾听教员精讲液压平衡式发射装置基本原理和发射噪声机理,初步掌握发射噪声抑制方法。	讨论发射噪声对潜艇隐蔽性的影响,重视发射过程,培养岗位认同感。承认整体与部分的辩证关系。
T (Technology, 技术)	熟练使用Matlab和Simulink软件。在教师的指导下解释仿真例程。绘制数据结果图。	通过解释仿真例程,熟练掌握Simulink仿真程序的编程思路,熟练使用基本模块。	体验仿真编程过程,培养严谨规范的编程习惯,通过分析仿真结果,认同事物普遍联系原理。
E (Engineering, 工程)	举例说明工程测试的主要过程。掌握发射过程噪声抑制的主要方法。	通过对液压平衡式发射装置进行降噪改进设计,学会装备改进的工程实现思路。	参与讨论,体验设计改进过程,承认认识的反复性,树立团队分工协作意识,认识系统与要素的关系原理。
M (Mathematics, 数学)	会推导液压平衡式发射装置内弹道。解释所有参数的数学含义。	通过解释并使用仿真程序,实现并理解收集数据、记录数据和分析数据方法。	利用液压平衡式发射装置内弹道数学模型建立仿真程序,感知发射能量对发射噪声影响,树立利用传统和新技术解决现实发射问题的科学思想。

图2 液压平衡式发射装置发射噪声控制方案设计专题 STEM 整合教学目标

类型	知识与技能	过程与方法	情感、态度与价值观
S (Science, 科学)	说出诱饵发射装置基本结构。解释基本原理。分析提前事故发生原因。设计改进方案。	通过倾听教员精讲诱饵发射装置基本原理,并引申讲解气动不平衡发射装置,初步掌握基于装备结构进行事故分析的方法。	讨论发射诱饵对潜艇防御的两面性影响,理解发射时机重要性,认同事物存在发展要一切以时间、地点、条件为转移。
T (Technology, 技术)	熟练使用Matlab和Simulink软件。在教师的指导下修改仿真例程适用诱饵发射装置,绘制数据结果图。	通过解释仿真例程,初步掌握利用Simulink编制仿真程序的方法,熟练使用基本模块。	体验仿真编程过程,培养严谨规范的编程习惯,通过分析仿真结果,认同整体部分的辩证关系。
E (Engineering, 工程)	举例说明事故工程分析的主要过程。掌握分析装备工作过程的主要方法。	通过对诱饵发射装置进行改进设计,熟悉装备改进的工程实现思路。	参与讨论,体验设计改进过程,承认认识的反复性,树立团队分工协作意识,认识系统与要素的关系原理。认同联系的多样性原理。
M (Mathematics, 数学)	会推导气动不平衡发射装置内弹道。解释所有参数的数学含义。	通过解释并使用仿真程序,实现并理解收集数据、记录数据和分析数据方法。	利用诱饵发射装置内弹道数学模型建立仿真程序,感知故障发生原因,树立利用传统和新技术解决现实发射问题的科学思想。

图3 诱饵发射装置改进方案设计专题 STEM 整合教学目标

(3) 解释。此环节主要是阐述探究思路,用所学知识解释方案的合理性和可行性。展示成果并接受其他学员的提问。在此环节,学员通过讨论,培养团队意识,伴随团队讨论寻找最优方案,认识到系统与要素的关系原理;在设计中认识事物主要矛盾和次要矛盾的关系与原理,领悟设计就是追求元素和谐;学会多角度多方面看问题,认同联系的多样性原理。此环节通过完成讨论研习表,促使学员对讨论过程进行自我反思和总结回顾。讨论研习表主要记录小组讨论过程,包括讨论目标、学员自持观点、小组观点和讨论后观点的改变。

案,利用所学知识和技术去建立问题解决方案,程序包括:明确任务、讨论设计、画图标识、确定方案、仿真试验等。此环节之后,需要初步完成方案设计报告。方案设计报告主要阐述研究背景、设计思路、主要内容和总结。其中,研究背景说明研究意义和目的;设计思路说明方案设计采取的思路,主要是将设计过程进行具体描述;主要内容详细论述方案的具体内容,包括功能描述、结构组成、设计图,工作流程、设计的亮点等;总结需综述方案设计的主要成绩和尚待进一步完成的工作。方案设计报告作为作业提交,并作为最终汇报环节评估的文档资料,为教员和学员评估各小组设计成果提供参考。

(4) 工程。通过工程设计与技术完成设计方

(5) 深化。此环节主要内容是对工程环节设计方案的进一步丰富和深化, 增加任务的广度和难度, 对原设计方案进行延伸和拓展。在此过程中, 通过提升任务难度, 引导学员主动补充新知识, 进行知识和技能的提升以及迁移。学员在此环节需进一步完善设计方案, 并修改方案设计报告。同时完成学习过程的自我反思, 填写自我反思表 (PMIQ), 主要记录学习中已经掌握的知识 (Plus), 尚未掌握的知识 (Minus), 感兴趣的知识 (Interesting) 和学习中的疑问 (Question), 记录学员进行自我反思的过程。

(6) 评价。STEM 教学强调过程性评价。此环节主要是依据评价量规, 对项目实施过程中学员的学习效果进行多角度、多层次的测评, 并对学习效果进行及时反馈。评价的侧重点应体现在问

题分析解决能力、团队协作能力和实践创新能力等方面。最终评价环节, 学员需填写小组协作评价表, 完成学员自评和互评, 对学员自己和小组其他成员的学习态度、工作质量、问题解决、贡献、任务专注度进行量化评价^{[8]8-11}, 评价小组协作完成主题任务的过程; 教员和学员都需完成小组设计方案评价表, 进行教员评估和学员互评, 主要对小组的设计方案从研究、模型、结果、结论、汇报水平五个方面进行评价^{[8]8-11}。

主题任务完成后, 课程总结性评价采用理论试卷和提交课结论文两种方式共同完成, 对学员完成主题任务所需理论知识和应用理论知识进行创新的能力同时进行考核。“水中兵器发射技术”课程主题任务 6E 教学模式及具体评估方法如图 4~6 所示。

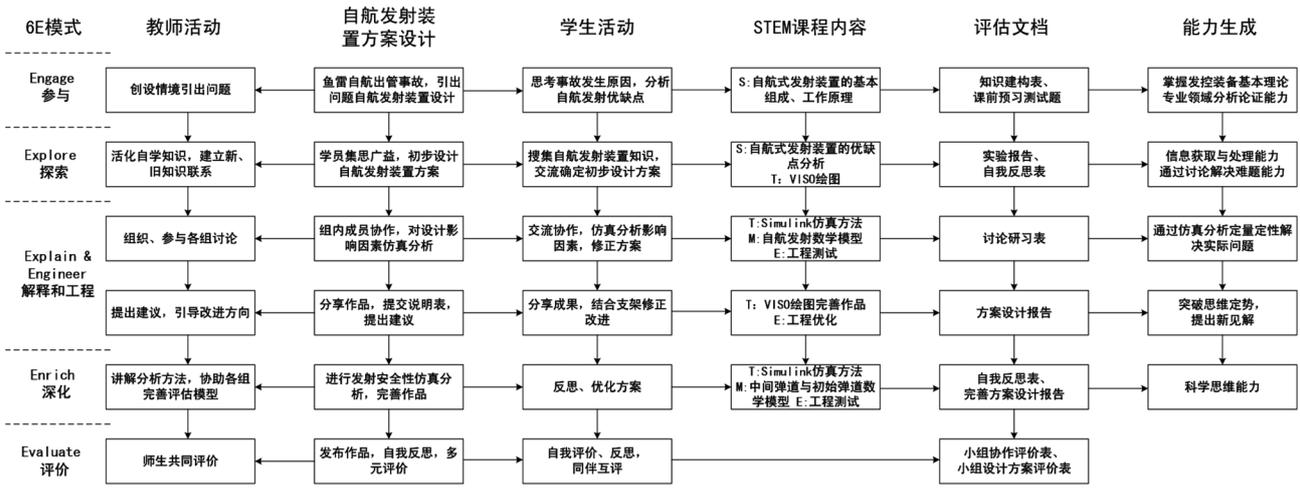


图 4 自航式发射装置设计专题 6E 教学及评估过程

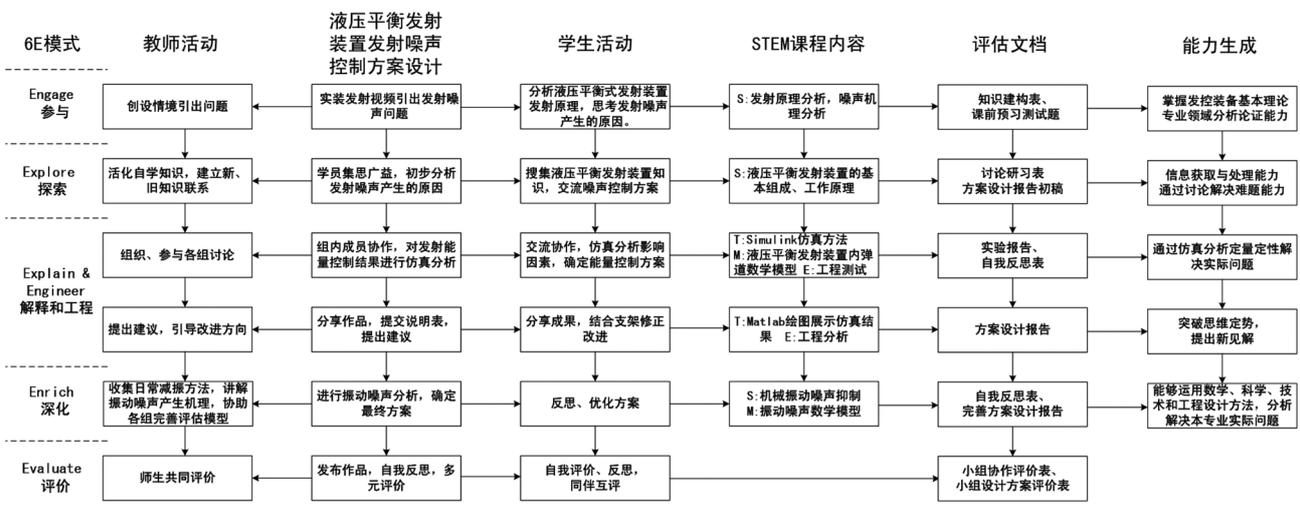


图 5 液压平衡式发射装置发射噪声控制方案设计 6E 教学及评估过程

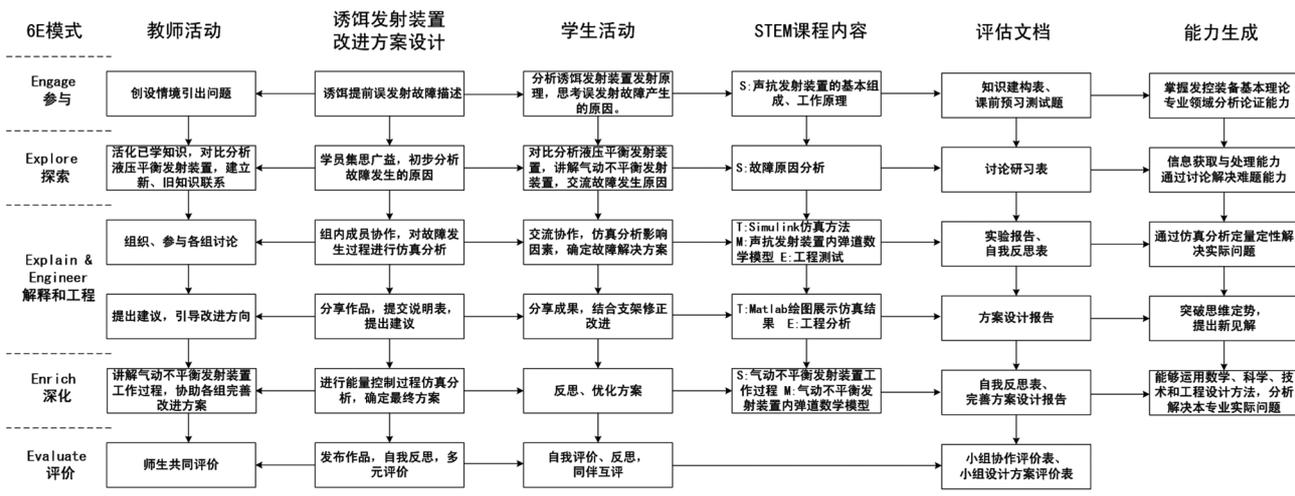


图6 诱饵发射装置改进方案设计专题6E教学及评估过程

通过建立STEM课程评价体系,完善痕迹管理档案,学员对学习过程的重视程度显著提高。经课后问卷调查,85%以上的学员表示愿意积极参与课上讨论和课后小组协作,其主要的原因就是制定了多样的评价量规,建立了完善的多元评价机制,使得学习过程变得可测可评,同时尽量避免学员小组协作过程中的“搭车”现象。评价体系突出形成性考核的作用,避免片面依靠总结性考核确定学员最终成绩,课程考核结果更为客观地反映学员的日常学习表现,并能一定程度体现出学员的学习态度、协作精神等价值观层面的教学目标达成程度。课程评价体系的合理化设计保障了课程教学过程的顺利实施,确保了考试成绩全面反映学员的整个学习过程。

四、结语

“水中兵器发射技术”课程在采用6E教学模式开展STEM教育的过程中,对各个实施环节中的评估方法和过程文档进行了设计,评价体系与教学过程融合,形成性评价持续检测学员创新和解决问题的能力培养,关注STEM素养的提升过程,总结性评价考核STEM教学的最终成果,即学员跨学科素养是否得到提高。在理工类STEM课程中进

行评价体系设计,在发挥STEM教育工程素养培养优势的同时,注重学习过程的及时评价,形成闭环教学过程,对于理工类课程的教学设计具有重要借鉴意义。

参考文献:

- [1] 武敬,徐华英.STEM课程设计与指导[M].天津:天津教育出版社,2019.
- [2] 赵呈领,赵文君,蒋志辉.面向STEM教育的5E探究式教学模式设计[J].现代教育技术,2018(3):106-112.
- [3] 潘星竹,姜强,黄丽,等.基于工程设计的高中STEM课程设计与实践[J].现代教育技术,2019.
- [4] 茅君平.基于6E学习模式的STEM课例开发[J].物理教学研讨,2019(4):5-8.
- [5] 李克东,李颖.STEM教育跨学科学习活动5EX设计模型[J].电化教育,2019(4):5-13.
- [6] 沈艺,郭琪琦,张海银.STEM课程的评价领域及学习性评价策略[J].中小学教师培训,2019.
- [7] JOLLY A. STEM by Design: Strategies and Activities for Grades 4-8[M]. New York: Routledge, 2016: 111-116.
- [8] 王珏,邓嫦圆.基于小组合作探究模式研制STEM课堂教学评价量表[J].生物学通报,2017.

(责任编辑:王新峰)