

基于 CDIO 理念的《工程力学》课程项目化教学改革研究

张智聪

文山学院，云南 文山 663000

DOI: 10.61369/ETR.2025520037

摘要：本文以“简支梁挠度与应力分析”项目为载体，构建了“构思 – 建模 – 实验 – 分析”的任务链条，设计了与 CDIO 四大能力维度相对应的学习目标与教学活动，并在多学时段内组织实施。通过 Rubric 评分与学习体验问卷，对项目在知识理解、工程能力与学习态度三方面的初步成效进行了分析。结果表明，项目化教学有助于提升学生的工程直观性、模型构建能力与团队协作水平，但在理论 – 工程迁移深度理解方面仍有改进空间。研究为工程力学课程在 CDIO 理念下开展项目化改革提供了一种具有可操作性的设计与实施思路。

关键词：CDIO 理念；工程力学；项目化教学；教学改革

Research on Project-Based Teaching Reform of "Engineering Mechanics" Course Based on CDIO Concept

Zhang Zhicong

Wenshan University, Wenshan, Yunnan 663000

Abstract : This paper takes the "Deflection and Stress Analysis of Simply Supported Beams" project as a carrier, constructs a task chain of "conception – modeling – experiment – analysis", designs learning objectives and teaching activities corresponding to the four dimensions of CDIO capabilities, and implements them in multiple learning periods. Through Rubric scoring and learning experience questionnaires, the initial effectiveness of the project in terms of knowledge understanding, engineering ability, and learning attitude is analyzed. The results show that project-based teaching helps to enhance students' engineering intuition, model-building ability, and teamwork level, but there is still room for improvement in the depth of understanding of the transfer from theory to engineering. The research provides a feasible design and implementation approach for the project-based reform of engineering mechanics courses under the CDIO concept.

Keywords : CDIO concept; engineering mechanics; project-based teaching; teaching reform

引言

CDIO (Conceive – Design – Implement – Operate) 工程教育理念强调在真实或近真实的工程任务中培养学生的知识、能力与素质，通过构思、设计、实现与运行的全过程实践促进系统性工程理解^[1,2]。

现有研究中，关于 CDIO 的教学改革多集中于专业层面的培养方案与课程体系构建，基础课程层面也有一定的教学探索，但针对具体课程的可直接应用于课堂的项目设计、明确的教学实施路径以及基于多源数据的教学成效分析仍相对有限^[3,4]。尤其是在工程力学课程中，如何将抽象的力学概念嵌入工程情境，借助仿真与实验构建“公式 – 模型 – 结构 – 现象”的认知通道，已有研究从基础工程、工程力学以及机械课程等不同层面开展了项目化教学和 CDIO/OBE 改革探索^[5–7]，但针对工程力学这样以理论推导为主的基础课程，尚缺乏具有可复制性的实践案例。

基于此，本文以 CDIO 理念为指导，以“简支梁挠度与应力分析”项目为载体，构建“构思—建模—实验—分析”的项目任务链，力图实现以下目标：（1）提出一个面向工程情境、便于在课堂中实施的工程力学项目化教学设计；（2）给出项目全过程的教学实施路径；（3）基于 Rubric 与问卷等数据，对教学成效进行初步分析，为后续进一步开展工程教育研究提供初步的实践经验和数据积累。

一、工程力学课程现状与教学痛点

力学课程在以下几个方面存在较为典型的问题。

(一) 理论内容抽象、知识点割裂

结合近几年课堂观察、学生访谈与期末成绩分析，当前工程

工程力学涵盖受力分析、内力计算、截面特性、位移与变形

等多个抽象概念，章节之间关系紧密，但在传统教学中常以公式推导和习题演算为主，缺乏对整体知识结构的显性呈现。学生往往将各章节视为独立“板块”，难以构建“受力—内力—变形—刚度—安全性”之间的系统认知。

（二）实践与理论脱节，工程情境不足

传统教学中的实验多为验证性实验，侧重“验证公式”，缺乏与工程结构设计或工程决策的直接联系；仿真工具虽有引入，但学生往往按照预设步骤操作，对模型简化、边界条件设置与结果解释缺乏深入理解。一些学生在访谈中表示：“会做书上的题，但遇到真实构件不知道从何分析”。

（三）工程表达与协作能力培养薄弱

工程力学课程不仅要求学生掌握理论知识，还需要能够借助图纸、模型与数据进行工程表达。然而传统课堂对“表达”和“协作”的评价往往较弱，学生习惯于个人完成作业与考试，缺乏在团队中共同分析、讨论和呈现工程问题解决过程的机会。综上，工程力学课程在工程情境构建、理论与实践融合、综合能力培养等方面仍有较大提升空间，需要引入更贴近工程实际的项目化任务^[8,9]，并在 CDIO 理念指导下重构教学设计与评价方式。

二、CDIO 理念下的典型项目构建

（一）项目背景与工程情境

本研究选取生活中常见的简支梁为原型，将其编制成项目方案。简要介绍背景，通过对模型及加载要求、模型制作、加载方法与失效评判、模型材料、评分标准等均做出要求，引导学生从真实构件出发，逐步过渡到受力简图、计算简图与模型制作和测试等多层表达，使学生在项目开始阶段即意识到问题的工程来源，而非单纯的公式练习。

（二）学习目标与 CDIO 能力对接

围绕简支梁项目，课程设置的学习目标不仅涵盖知识掌握，还包含 CDIO 强调的能力与素质维度，主要包括：

- (1) 知识层面：掌握木梁在荷载作用下剪力图、弯矩图及挠度计算方法，理解截面刚度与挠度之间的定量关系；
- (2) 技能层面：能够根据工程情境绘制合理的受力简图与计算简图，做出适当的模型简化与边界假设；
- (3) 综合分析能力：能够对比理论计算、生活经验与实验测量之间的差异，分析误差来源并形成工程合理的解释；
- (4) 表达与协作：能够通过小组汇报清晰呈现分析思路、数据结果与工程结论，培养工程沟通与团队协作能力。

（三）学生产出与改革总体框架

围绕项目方案中的条件和要求，学生以小组为单位完成：模型设计、受力简图计算、模型制作与简要试验、小组技术汇报等。这些产出既构成了 Rubric 评价的直接对象，也为后续数据分析提供了基础。

在课程层面，工程力学项目化教学改革的总体框架如图 1 所示。

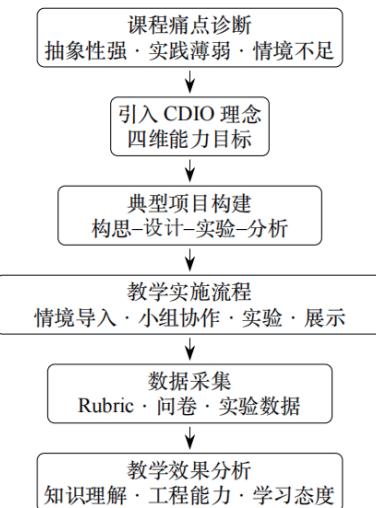


图 1 工程力学课程项目化教学改革总体框架

该框架表明：课程改革由课程痛点出发，以 CDIO 能力为顶层目标，通过典型项目构建与教学实施，将多源数据采集与教学效果分析系统地嵌入教学过程之中。

三、教学实施过程

本节从教学组织、课堂实施路径与师生角色三个方面说明简支梁项目在课程中的具体实施方式，使教学设计与成效分析之间形成清晰衔接。

（一）课堂实施路径

课堂实施遵循“情境—构思—分析—实现—验证”的基本路径。教师首先通过工程案例与实物展示引入简支梁问题，明确项目目标与评价方式；随后，学生以小组为单位完成方案构思与受力简图绘制，在教师引导下修正典型错误，并完成理论分析；之后，在实验课中完成挠度测试与数据记录；最后，对理论计算结果和实验结果进行对比分析，并在课堂上进行汇报。

（二）师生角色与过程性评价

在项目实施过程中，教师主要承担情境设定者、学习引导者与评价者三个角色：在项目启动阶段设定适当开放但目标明确的工程情境；在任务实施过程中提供方法指导与纠错，尤其是在模型设计和制作环节；在结果展示阶段依据 Rubric 对作品与汇报进行综合评价并给出反馈。

学生在小组内承担资料查找、设计与制作、实验操作、数据处理与报告撰写等不同角色，通过轮岗形式体验完整工程流程。课堂观察记录与 Rubric 评分共同构成形成性评价体系，并为后续教学效果分析提供了过程性证据。

四、教学效果分析

本研究采用项目作品的 Rubric 评分和学生学习体验问卷，从工程能力、知识理解与学习态度三个维度对项目化教学效果进行了初步分析。受篇幅所限，本文仅选取部分具有代表性的结果予

以呈现^[10]。

(一) 项目作品表现 (Rubric 分析)

以三个典型小组为例,对项目作品在“模型设计、结构合理性、工程表达、模型呈现、团队协作”五个维度进行1—5分评分。从结果可以看出,学生在结构合理性、模型呈现和团队协作三个维度表现较好,说明通过工程情境与小组合作,学生能够较为准确地完成受力简化并有效协同完成任务;而模型设计与工程表达得分略低,表明学生在将公式应用到具体工程情境仍存在一定困难,各构件在结构中作用理解不到位。这一结果与教师在课堂观察中记录的“模型简化不合理”“受力分析混沌”等现象相一致。

(二) 学习体验问卷分析

项目结束后通过 Likert 五点评分问卷收集学生对项目化学习体验的主观评价,结果显示,多数学生认可项目在概念理解与工程直观性方面的积极作用,尤其是对梁受力与变形关系、截面与刚度关系等核心知识点的理解有所加强。同时,约三成学生在“工程分析信心”条目上选择中立及以下选项,表明对于部分基础较弱或缺乏仿真与实验经验的学生而言,项目任务仍具有一定挑战性。开放性反馈中,学生提及频率较高的收获包括“把公式和真实结构联系起来”“第一次完成完整的设计—制模—实验流程”“通过讨论发现自己原来有许多概念并不清楚”,主要困难则

集中在“模型简化时不知道哪些因素可忽略”“公式运用不熟练,计算量大”“模型设计与制作耗时较多”等方面。

(三) 数据一致性与教学启示

总体来看, Rubric 与问卷结果在“优势 - 瓶颈”上具有较好的一致性: 工程直观性与协作能力方面呈现一定提升,而整体理论计算仍是主要薄弱环节。这表明项目化教学在改善学习体验、提升工程直观性与协作能力方面具有明显优势,但要进一步提升理论 - 工程迁移深度,需要在模型简化示例、软件计算与报告写作指导方面提供更多支持。

五、结论

在 CDIO 工程教育理念指导下,本文围绕“简支梁挠度与应力分析”构建了一个面向工程情境的典型项目,形成了“构思 - 建模 - 实验 - 分析”的任务链条,并在工程力学课程中进行了初步实践。Rubric 评分与学习体验问卷的初步结果表明,该项目在增强学生工程直观性、提升结构分析与模型构建能力、促进团队协作与学习兴趣等方面具有一定的积极作用。同时,数据结果也揭示出学生在理论解释深度、模型简化合理性与仿真理解等方面仍存在不足。

参考文献

- [1] 吴锦花. 基于 CDIO 理念下的工程力学教学课程改革 [J]. 农机使用与维修, 2023(2):136-138.
- [2] 杨庆光, 刘峰, 刘杰, 等. 基于 CDIO 教育模式的基坑与边坡工程课程教学改革研究 [J]. 大学教育, 2023,(04):85-87.
- [3] 周卫, 邓长清, 王晋, 贺海斌. 基于 OBE 理念的《基础工程》课程教学改革研究与实践 [J]. 教育研究, 2025, 8(10):45-48.
- [4] Juebei Chen, Anette Kolmos, and Xiangyun Du. Forms of implementation and challenges of pbl in engineering education: A review of literature[J]. European Journal of Engineering Education, 2021, 46(1):90-115.
- [5] Yanjie Guo, Lijuan Yang, Xuefeng Chen, and Lei Yang. An engineering-problem-based short experiment project on finite element method for undergraduate students[J]. Education Sciences, 2020, 10(2):45.
- [6] Yu-Ping Hsu and Kehinde Ifedayo. Transforming engineering education in the digital era: findings from a systematic review[J]. Frontiers in Education, 2025, 10:1568917.
- [7] Atsushi Kondo, Hiroyuki Hayashi, and Takuya Toyoshi. Project-based learning of mechanical design utilizing cae structural analyses[J]. Education Sciences, 2023, 13(7):687.
- [8] 赵小军. 基于跨学科实践的项目化作业设计——以“压强”为例 [J]. 物理教师, 2025, 46 (05): 36-38+42.
- [9] 吴中荣, 许静莹. 初中物理光学跨学科实践作业的设计策略——以项目化学习“制作灯塔模型”为例 [J]. 中学理科园地, 2024, 20 (06): 24-27+30.
- [10] 张志毅, 杨同忠, 徐箭. 基于 Rubric 构建面向工程认证的数学电子技术课程考核体系研究 [J]. 大学教育, 2020, (09):21-24.