

Project-based Curriculum Reform under the CDIO Model—Taking “Application of Computer in Polymer Materials” as an Example

Juanjuan Wang Yajing Li Xue Han Hongyan Li Conghua Lu

Tianjin Chengjian University, Tianjin, 300384, China

Abstract

In response to the issues existing in the course “Application of Computer in Polymer Materials”, such as insufficient interdisciplinary integration, fragmented practical training, and lack of application contexts, the CDIO engineering education concept is introduced. Taking the research project “Design of Conductive Polymer Hydrogels” as the carrier, the course content is reconstructed. Through project-based task decomposition, discrete knowledge points are integrated into a skill chain. A four-stage teaching model of “Conceive-Design-Implement-Operate” is established, and a corresponding diversified assessment and evaluation system is developed. This model promotes the implementation of project-based teaching, strengthens students’ systematic engineering thinking and interdisciplinary innovation ability, and provides a practical reference for the project-based curriculum reform of emerging engineering education.

Keywords

CDIO model; project-based teaching; polymer materials; computer application; teaching reform

CDIO 模式下项目式课程改革——以计算机在高分子材料中的应用为例

汪娟娟 李亚静 韩雪 李洪彦 鲁从华

天津城建大学, 中国·天津 300384

摘要

针对《计算机在高分子材料中的应用》课程存在的学科交叉不足、实践训练碎片化、应用情境缺失等问题, 引入CDIO工程教育理念, 以“导电高分子水凝胶设计”科研项目为载体, 重构课程内容, 通过项目化任务拆解, 将离散知识点整合为技能链, 构建“构思—设计—实现—运作”四阶段教学模式, 建立相应的多元考核评价体系。该模式推动项目式教学的实施, 强化学生系统性工程思维与跨学科创新能力, 为新工科项目式课程改革提供可借鉴的实践案例。

关键词

CDIO模式; 项目式教学; 高分子材料; 计算机应用; 教学改革

1 引言

近年来, “计算模拟”和“数据驱动”已成为材料科

学研究的新范式。虚拟仿真、大数据及人工智能等新兴技术的深度渗透, 不仅加速了高分子材料的研发进程, 也对高校相关专业的人才培养提出了全新挑战^[1]。《计算机在高分子材料中的应用》作为顺应学科交叉趋势而设立的专业特色课, 旨在培养学生利用计算思维与工具解决高分子材料中实际问题的能力, 具有鲜明的跨学科性与实践性。然而, 面对新工科建设对人才创新能力与系统思维的要求, 沿用十余年前编制的教材与“理论讲解+软件演示+实例操作”的传统线性教学模式, 其问题日益凸显, 集中体现在以下三方面:

跨学科融合不足, 学生知识体系离散化。作为材料、计算机、数据科学等多学科的交叉载体, 现有课程内容更新滞后, 机器学习、材料基因组等前沿技术融入不足。同时, 由于缺乏系统的跨学科知识铺垫, 学生在面对复杂任务时

【基金项目】天津城建大学校级本科教育教学改革与研究项目“基于CDIO模式的《计算机在高分子材料中的应用》项目式课程改革与实践”(项目编号: JG-YB-25091); 天津城建大学校级本科教育教学改革与研究项目“新工科视域下高分子材料与工程专业升级探索与实践”(项目编号: JG-ZD-25023)。

【作者简介】汪娟娟(1992-), 女, 中国安徽宣城人, 博士, 副教授, 从事高分子材料结构与功能化研究。

易因知识缺口而产生畏难情绪，难以构建融会贯通的知识网络。

实践环节割裂，学生能力培养碎片化。传统上机实践依附于理论教学进度，各知识点任务彼此孤立，如建模、计算、绘图等环节相互脱节。学生“按图索骥”完成任务，却缺乏对任务背后真实工程逻辑的思考，导致其发现问题、分析问题、解决问题的系统性能力培养流于形式。

应用情境缺失，学生学习主体性薄弱。传统教学缺乏贯穿始终的综合性应用载体，学生在学习过程中难以感知知识的应用价值，导致学习停留在浅层的软件操作层面，未能实现从“被动听讲”向“主动建构”的转变。

针对上述痛点，源自麻省理工学院等高校的 CDIO 工程教育理念，强调在“构思 (Conceive) — 设计 (Design) — 实现 (Implement) — 运作 (Operate)” 的真实项目周期中，将专业知识、个人能力、团队合作能力和工程系统能力融为一体进行培养^[2]，这与《关于加快建设发展新工科实施卓越工程师教育培养计划 2.0 的意见》中倡导的项目式教学方法^[3] 高度契合。因此，本文以 CDIO 模式为理论框架，对《计算机在材料中的应用》课程进行重构。以“导电高分子水凝胶设计”这一源自科研前沿、难度适中的真实项目为主线，将分散的理论与软件知识点有机串联，构建覆盖“反应绘制—结构建模—性能模拟—实验设计—数据分析”全流程的项目式教学体系。本研究旨在探索以项目为引擎、以技术为支撑、以能力达成为目标的课程改革新路径，为培养新时代的材料领域卓越工程师提供可复制的实践案例。

2 教学内容的重构

CDIO 模式的核心在于“做中学”，强调通过系统化的项目实践将知识习得与能力培养融为一体^[2,4]。传统《计算机在材料中的应用》课程多遵循“先理论后实践、先知识点后综合”的线性逻辑，导致理论与实践的脱节，且沿袭先学后做的教学流程，不能突出学生主体性。为此，我们打破教材章节与课内外的界限，将课程内容重构为以“科研微课题”为载体的项目式学习体系。该体系以材料科学研究的真实问题为主线，设计螺旋式上升的任务清单，将离散的知识点转化为解决实际问题的技能链，实现知识传授、能力训练与思维养成的有机统一。

以“导电高分子水凝胶设计”为例，该选题兼具前沿性、综合性与适度的挑战性。导电水凝胶的组成设计（基体、导电相、溶剂）与性能优化（力学、导电、粘附、自愈、抗冻、保湿等）涉及高分子化学和物理、材料科学基础、计算化学及数据分析等多学科知识，为重构教学内容提供了理想的工程载体。具体重构路径如下：

任务拆解的项目化：依据 CDIO 框架，将总项目拆解为逐级递进的系列子任务：前置诊断（学情问卷调查与分组）→ 构思（文献调研，确定水凝胶体系与性能目标）→ 设计

（利用 Chemdraw 绘制反应流程图、利用正交法设计实验方案）→ 实现（利用 Materials Studio 进行结构建模与性能计算、在科研实验室进行合成与表征、利用 Origin 和 Image J 进行数据处理与分析）→ 运作（撰写报告、成果答辩）。各子任务之间形成“正向实施、反向优化”的闭环逻辑。例如，学生在“设计”阶段初步确定组分后，通过“实现”阶段的计算模拟结果，可以反向优化组分设计。

学习支撑的平台化：依托超星学习通“任务引擎”功能，搭建项目化学习空间。平台发布项目任务书、提供数字化课件与软件教程资源等，并利用 AI 智能体助教（星小答）作为跨学科知识的“即时解惑工具”。学生遇到如“什么是材料基因组中的‘高通量计算’？”等术语障碍时，可随时向 AI 助教提问，获得通俗易懂的解释和拓展阅读推荐。这在降低知识获取门槛的同时，也培养了学生利用智能工具自主学习的习惯。针对跨学科知识盲区，教学团队准备了配套的知识资源包，包括微课视频和知识卡片等，在相应任务节点以“学习资源包”的形式按需推送。平台开放任务留言区，实现师生间的在线答疑与过程性指导，确保项目化学习的流畅性与深度。通过平台化的学习支撑，学生在课前、课中、课后均可按需获取资源，为后续四阶段教学模式的实施奠定基础。

3 教学模式的改进

围绕“知识整合、能力进阶、创新导向”的培养目标，本课程构建了基于 CDIO 四阶段的项目驱动教学模式，并深度融合信息技术与 AI 工具。该模式以导电高分子水凝胶设计为主线，依托学习通平台的项目单元推进教学，确保学生“带着问题学、围绕项目做”。

构思阶段：问题驱动与自主探究。学生通过学习通接收项目任务书，依据前期问卷调查完成 5-6 人异质分组，如有相关软件使用基础的学生与无经验学生搭配，尽量保证组间能力配置均衡。各小组利用 AI 智能体了解课题背景知识，再通过知网、Web of Science 等数据库进行深度文献调研，自主界定具体的研究课题（如“兼具高导电与保湿性能的聚丙烯酰胺/石墨烯水凝胶设计”），完成从“被动接受”到“主动建构”问题的转变。在小组任务以外，设置个人子任务，要求每位学生围绕“AI+ 导电水凝胶”等进行定向检索，摘录至少 1 篇文献中与机器学习或数据驱动等相关的研究方法，并说明该方法在本项目中的潜在应用价值。例如，学生可能发现某篇文献利用随机森林算法建立了水凝胶组分与力学性能的映射关系，从而启发其思考“能否在后续数据处理中借鉴类似思路”，让学生在真实科研场景中感知跨学科工具的价值。

设计阶段：知识整合与方案规划。小组运用高分子化学、材料研究方法等专业知识进行整体方案设计，例如：利用 Chemdraw 绘制合成路径；运用正交实验法设计多因素多

水平实验方案；规划材料建模与性能计算的技术路线。鼓励学生利用在线文献数据库、正交实验设计助手等数字化工具辅助决策。例如，在进行正交实验设计时，教师通过案例展示，引导学生思考“正交实验设计如何帮助我们用较少的实验次数探究多因素的影响”，初步建立科学实验设计的意识。初步方案通过平台提交，教师课前审阅并给予反馈，避免课堂实施环节的盲目性。

实现阶段：虚实结合与技能内化。学生在虚拟仿真平台上自主学习 Materials Studio 等软件，完成晶胞建模、性能计算等任务；随后结合同一学期开设的《高分子材料专业综合实验》课程，进入科研实验室，根据设计方案进行水凝胶的合成、测试与表征，获取真实数据，并利用绘图工具进行数据可视化与趋势分析。在数据处理与分析环节，引入基础的建模体验。例如学生利用 Origin 或 Python，尝试对已获得的实验数据进行简单的线性回归、曲线拟合或聚类分析等，并与传统绘图结果进行对比。通过基础的实操体验，让学生直观感受到：传统绘图只能描述已有数据点，而通过拟合得到的数学模型能够对未实验的组分组合进行性能预测。学生初步建立“数据不仅是记录，更是预测和指导实验的工具”这一数据驱动思维。

运作阶段：成果凝练与迭代反思。以线下课堂为主体，各小组汇报项目成果，分享在实施过程中遇到的挑战与解决方案。借助学习通平台的成果展示区，学生上传项目报告与演示文稿，并开展匿名互评，从方案创新性、数据完整性等维度进行多维评价。在项目答辩中，设置“跨学科拓展”评分项，鼓励小组在报告中阐述：在项目实施过程中，是否借鉴了文献中的前沿方法？如果未来有更多数据，会如何利用机器学习等方法优化当前的设计方案？这促使学生主动反思跨学科知识的应用前景，将一次性的项目体验升华为持续性的创新思维。结合 AI 评价工具生成小组及个人的能力维度分析报告，为学生后续的学习提升指明方向，从而实现教学流程的闭环与持续改进。

4 考核评价方式的优化

为全面反映学生在项目化学习中的综合表现，本课程改变“重知识、轻能力”的传统笔试为主考核，依据 CDIO 能力大纲，构建“过程与发展并重”的三维多元考核评价体系，实现评价与教学的深度融合。新考核体系由“理论考试（40%）+ 平时作业（10%）+ 项目实践（40%）+ 综合答辩（10%）”构成。理论考试和平时作业涵盖数学模型基础、常用数值计算方法、计算材料学基础等核心知识点，通过选

择题、填空题、简答题、计算题和分析题考察学生理论基础。项目实践和综合答辩着重培养学生实践能力，要求学生从科研导师提供的课题方向中选题，完成从文献调研、实验方案设计到研究报告撰写和成果汇报的完整 CDIO 流程。项目实践细化为“项目报告（25%）+ 团队协作（10%）+ 创新贡献（5%）”。项目报告要求“个人实践”与“团队实践”相结合。个人实践做到“一人一题”，如每位学生独立负责一种组分建模和计算，杜绝“搭便车”现象；团队实践则共同完成总报告，并清晰标注每位成员的贡献，确保全员深度参与。团队协作的评价依据来自过程数据（如平台讨论活跃度）和最终的学生互评结果。创新贡献旨在鼓励学生在方案设计、技术路线或结果分析中的独到见解，例如在项目融入跨学科思维（如尝试机器学习辅助数据分析）的创新表现。

5 结语

本研究基于 CDIO 工程教育理念，对《计算机在高分子材料中的应用》课程进行了项目式教学改革实践。以“导电高分子水凝胶设计”这一科研项目为载体，通过重构教学内容（将离散知识点整合为螺旋式任务链）、改进教学模式（构建构思—设计—实现—运作四阶段闭环）、优化考核评价（建立能力导向的三维多元评价体系），将传统“教软件、讲理论”的课堂，转型为“做项目、育能力”的训练场。该模式以项目为纽带，实现知识体系的有机整合与能力培养的系统落地，有效破解传统教学中内容离散、实践割裂的难题；以学生为中心，推动学习方式从被动接受到主动建构的转变，学生在真实的应用情境中“做中学、学中思”，提升其学习主动性、团队协作精神及解决复杂问题的工程创新能力；以技术为支撑，借助网络平台与 AI 工具，实现教学流程的精准化与反馈的即时化，为项目驱动教学的高效运行提供有力保障。未来，我们将持续推动 CDIO 模式与信息技术深度融合的课程改革，为材料类及相关工科专业的项目式课程改革提供可复制的参考范式。

参考文献

- [1] 马驰, 于智, 王涛, 等. 高分子材料专业《计算机在材料研究中的应用》课程教学改革与实践[J]. 高分子通报, 2021, (07): 94-99.
- [2] 查建中. 论“做中学”战略下的CDIO模式[J]. 高等工程教育研究, 2008, (03): 1-6+9.
- [3] 教育部, 工业和信息化部, 中国工程院. 关于加快建设发展新工科实施卓越工程师教育培养计划2.0的意见[Z]. 教高〔2018〕3号, 2018.
- [4] 郑晓航, 蔡伟, 费维栋, 等. CDIO理念在高校工科课程改革中的实现——以“计算材料学”课程为例[J]. 科技风, 2025, (35): 50-52.