

CDIO与项目化教学融合实践

——以“电子产品开发”课程为例

鲍 或¹, 谈俊燕¹, 何璐璐²

¹常州工学院电气信息工程学院, 江苏 常州

²常州工学院赫特福德学院, 江苏 常州

收稿日期: 2026年8月20日; 录用日期: 2026年9月22日; 发布日期: 2026年10月8日

摘 要

CDIO工程教育模式与国内项目化教学在理念上高度契合,但在课程引进实践中往往被割裂对待。本文以常州工学院与英国赫特福德大学合作办学项目“电子产品开发”课程为案例,探讨CDIO产品全生命周期框架与本土项目化教学相融合的路径。课程以“数字情绪登记器”为项目载体,采用3周集中授课模式,第1周为理论教学,第2至3周开展项目实践,要求学生完成从电路设计、仿真、PCB制造到产品外形设计与3D打印的完整流程,通过双师协同、A/B班错峰、备选方案容错等策略实现本土化适配,并构建个人报告、小组成果与阶段日志相结合的多元评价体系。首轮77名学生全部及格,3D打印外壳完成率100%,但个人技术报告得分率仅47.2%、PCB一次成功率约50%,暴露出工程文档写作和制造工艺方面的能力短板。文章最后从项目载体设计、过程容错机制和评价闭环三方面提炼对国内同类课程建设的启示。

关键词

CDIO, 项目化教学, 中外合作办学, 电子信息, 课程改革

Practice of Integrating CDIO with Project-Based Learning

—A Case Study of “Electronic Product Development” Course

Yu Bao¹, Junyan Tan¹, Lulu He²

¹School of Electrical and Information Engineering, Changzhou Institute of Technology, Changzhou Jiangsu

²Hertford College, Changzhou Institute of Technology, Changzhou Jiangsu

Received: August 20, 2026; accepted: September 22, 2026; published: October 8, 2026

Abstract

CDIO (Conceive-Design-Implement-Operate) engineering education is highly compatible with

文章引用: 鲍或, 谈俊燕, 何璐璐. CDIO 与项目化教学融合实践[J]. 职业教育发展, 2026, 15(10): 125-134.

DOI: 10.12677/ve.2026.1510420

project-based learning widely adopted in China, yet the two are often treated separately in imported courses. This paper explores the integration of the CDIO product lifecycle framework with domestic project-based learning, using the “Electronic Product Development” course in the Sino-foreign cooperative program between Changzhou Institute of Technology and the University of Hertfordshire as a case study. The course employs a three-week intensive model: one week of theoretical instruction followed by two weeks of project practice. Centered on a “Digital Emotional Register” product, students complete the full development process from circuit design, simulation, and PCB fabrication to enclosure design and 3D printing. Localization strategies include dual-faculty collaboration, A/B group rotation, and fallback plans for PCB failures. A multi-dimensional assessment system combines individual reports, group deliverables, and stage logbooks. Data from 77 students shows a 100% pass rate and 100% completion of 3D-printed enclosures, while individual report scores (47.2%) and first-attempt PCB success rate (50%) reveal weaknesses in technical writing and manufacturing skills. The paper concludes with implications for domestic project-based curriculum development in three aspects: project design, process fault tolerance, and assessment closure.

Keywords

CDIO, Project-Based Learning, Sino-Foreign Cooperative Education, Electronic Information, Curriculum Reform

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

在新工科建设与卓越工程师教育培养计划持续推进的背景下[1][2],项目化教学(Project-Based Learning)在国内应用型本科与职业教育中已推行多年,其核心是以真实项目为载体,使学生在项目完成过程中主动建构知识与技能[3][4]。然而,在电子信息类专业低年级实践课程中,项目化教学常面临双重困境:项目规模过小时,学生仅掌握孤立知识点,难以建立工程系统认知;项目规模过大时,又超出低年级学生的知识储备与实践能力。如何设计难度适中且具备工程完整性的项目载体,是项目化教学实施中的关键难题。

CDIO (Conceive-Design-Implement-Operate)工程教育模式为上述问题提供了系统性解决方案。该模式由麻省理工学院等高校于21世纪初提出,以产品从构思、设计、实现到运行的全生命周期为载体,强调在真实项目中培养学生的工程基础知识、个人能力、团队协作与工程系统能力[5]。从理念层面看,CDIO与项目化教学均强调“做中学”与成果导向,二者具有天然的融合基础。但在中外合作办学的课程引进实践中,CDIO课程常被作为完整教学方案直接照搬,既缺乏与国内项目化教学传统的有效对接,也未能充分适配本土教学条件[6]-[9]。

常州工学院与英国赫特福德大学合作办学的电气工程及其自动化专业,于大二第二学期开设“电子产品开发”课程(Electronic Product Development)。该课程由赫特福德大学课程负责人(Module Leader)全程驻场面授,以CDIO理念设计,要求学生在3周内完成纯数字电路电子产品的开发。笔者作为中方教师全程参与首轮授课,在协助教学过程中将国内项目化教学的经验融入课程组织,形成了若干可操作的实践策略。本文基于首轮77名学生的教学实践,系统梳理CDIO与项目化教学融合的具体路径,分析教学效果,并提炼对国内同类课程建设的启示。

2. 课程设计与实施

2.1. CDIO 与项目化教学的融合逻辑

CDIO 与项目化教学虽渊源不同，但核心主张高度重叠：前者源于工程教育改革，后者可追溯至杜威的“做中学”与克伯屈的设计教学法[10]。二者均反对以教师讲授为中心的传统教学模式，均主张以真实任务驱动学习，均重视学习过程而非仅关注结果。二者的侧重点亦存在差异：CDIO 更强调工程产品的全生命周期与系统性，提供了从构思到运行的完整框架；项目化教学则更突出学生的主动探究与教师的引导角色，在项目选择、分组方式与过程指导方面具备更强的灵活性[11]。

本课程的融合思路为：以 CDIO 四阶段框架为课程结构主线，确保工程教育的系统性与完整性；以本土项目化教学的成熟经验为实施支撑，应对大班教学、实验资源有限、学生基础差异较大等现实问题。具体而言，CDIO 提供了完整的产品开发流程与能力标准[12]；项目化教学提供了真实项目驱动、团队协作、过程性评价与教师全程指导等实施要素[13]-[15]。二者的融合框架如图 1 所示。

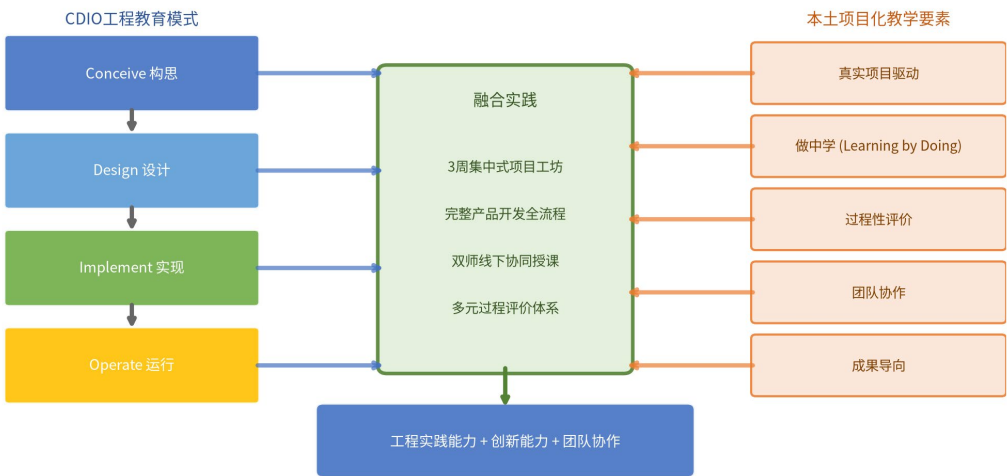


Figure 1. Integration framework of CDIO and project-based learning
图 1. CDIO 与项目化教学融合框架

需要说明的是，这种融合不是两种模式的简单叠加，而是在课程设计的每个环节都考虑二者的互补性。例如，在项目载体选择上，CDIO 要求产品具备完整的生命周期，项目化教学要求任务难度适合学生水平，二者结合要求项目载体在规模可控的前提下覆盖完整的工程环节；在评价方式上，CDIO 强调能力表现的多元评价，项目化教学强调过程性评价，二者结合就形成了“个人 + 小组 + 过程”的三维评价体系。

2.2. 课程概况与双师协同

“电子产品开发”是赫特福德大学本科第一年(Level 4)的核心实践课程，15 学分，150 学时。需要说明的是，英方本科学制为 3 年，该级别对应其本科第一年；而中方本科学制为 4 年，一年级主要安排思政课、英语课及公共基础课等，因此该课程引进后实际开设于中方大二第二学期，本文所述案例的授课对象为 2023 级中外合作办学项目学生，共 2 个班 77 人。课程在校方提供的 CDIO 实验室中开展，采用 3 周集中授课模式，第 1 周为理论授课，第 2~3 周为项目实践，每天约 6 学时，总计约 90 学时面授，其余为自主学习。

与许多中外合作办学课程“英方远程授课、中方辅助管理”的模式不同，本课程英方课程负责人全

程驻场，与中方教师共同面授。英方教师负责项目发布、技术讲座和学术标准把控，中方教师负责学情适配、语言辅助和实验室管理。两位教师每天共同在场，课前沟通教学重点，课中分别指导不同小组，课后联合评分。这种“双师线下协同”模式的优势在于：英方教师带来了原版课程的设计思路和评价标准，中方教师则能准确把握学生的英语水平和知识基础，在课堂上及时补位。从首轮教学来看，学生对这种模式的接受度较高，未出现因语言障碍导致的学习困难。

2.3. 项目载体与教学流程

本轮授课的项目载体为“数字情绪登记器”(Digital Emotional Register)，拟放置于办公室或教室入口，用户通过按下开心、一般、沮丧三类情绪按钮进行输入，设备经 3 位七段数码管实时显示各类情绪的累计计数，并配备重置按钮。项目限定采用纯数字电路实现，不使用单片机、Arduino 等可编程器件。基础功能包括多路计数、数码管显示与重置；可选功能包括防重复触发、无效操作蜂鸣器警告等。学生还需提交产品操作手册与测试报告。

该项目作为课程载体具有两方面合理性。从 CDIO 视角看，电路规模虽有限，但覆盖了从需求分析、电路设计、仿真验证、PCB 制造到产品外形设计、整机测试的完整产品生命周期。课程要求学生交付的是完整“产品”而非单纯“电路板”：学生需根据实际使用场景设计产品外形，兼顾美观性与实用性，包括按键与显示区域的布局、后部维护开口的预留等，并通过 3D 打印完成外壳制作。从项目化教学视角看，电路难度符合大二学生的知识基础(核心为计数器与译码器)，同时具备足够的开放性，使学生能够自主选择元器件、自主设计外壳形态与尺寸、自主决定可选功能的实现程度。

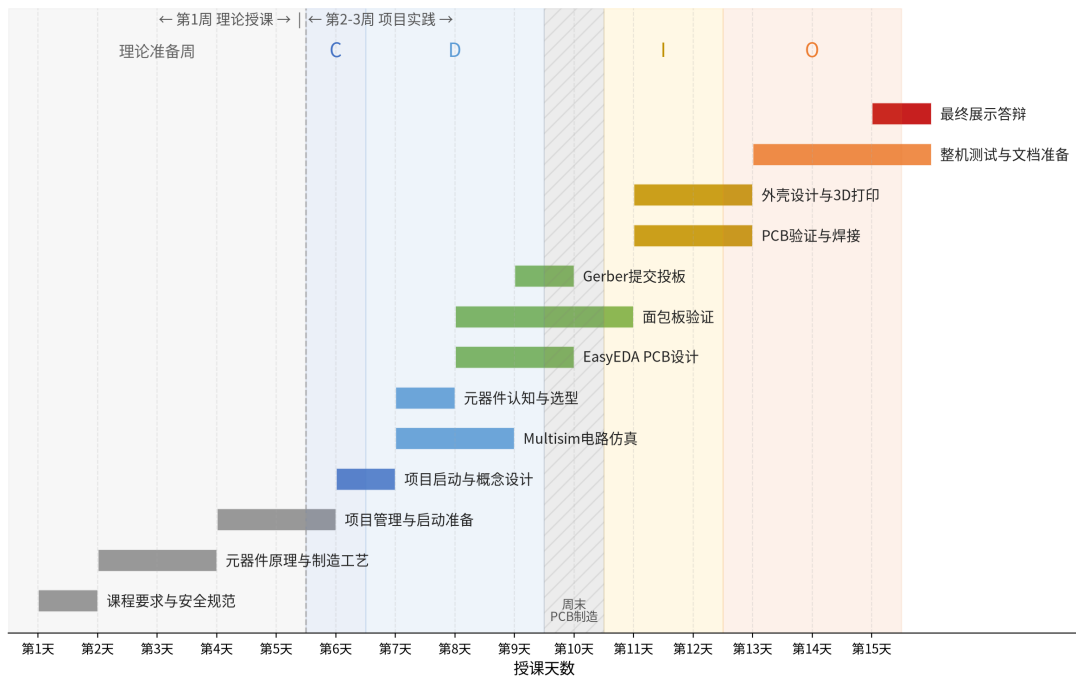


Figure 2. Teaching process of “Electronic Product Development”
图 2. “电子产品开发”课程教学流程

课程分为理论准备与项目实践两个阶段。第 1 周为集中理论授课，内容涵盖课程要求、评分标准与实验室安全规范，核心元器件原理复习，PCB 设计与制造工艺及焊接技术讲解，3D 打印与产品外壳设计介绍，甘特图制定等项目管理入门培训，以及项目风险管控讲授与分组启动准备。第 2~3 周将 CDIO 四

阶段映射为 10 天项目实践，每日设置明确里程碑，如图 2 所示：第 6 天为构思阶段，完成项目简介与个人概念设计；第 7 至 9 天为设计阶段，依次完成 Multisim 仿真、元器件选型、EasyEDA PCB 设计与面包板验证，并于第 9 天提交 Gerber 文件投板；随后进行 PCB 制造；第 11 至 12 天为实现阶段，完成 PCB 验证与焊接，同步开展产品外壳的 3D 建模与打印制作；第 13 至 15 天为运行阶段，完成整机测试、文档撰写与最终展示答辩。

2.4. 本土化适配策略

在课程实施过程中，针对英方原版课程与国内教学条件的差异，采取了以下本土化适配策略，如表 1 所示。

Table 1. Localization adaptation strategies
表 1. 本土化适配策略

策略	英方原版情况	本土化做法
A/B 班错峰	原版班额小，无需错峰	两个班拆成 A/B 两组，交替使用实验室和 PC 室
备选方案容错	PCB 失败即影响成绩	PCB 失败者可用洞洞板重搭，保障所有学生完成最终展示
元器件自选	英方指定元器件清单	学生从清单中自主选型，培养管理和成本意识
每日整理制度	无明确要求	每日 16:30~17:00 整理工位，培养工程师职业习惯
中期进度检查	依赖学生自主推进	项目进行中期，教师逐人检查面包板，及时纠偏

A/B 班错峰是应对资源约束的核心策略。电路实验室和 PC 机房的工位都不足以同时容纳 80 人，我们将两个班拆为两组，上午 A 组做电路、B 组做仿真，下午轮换。这种安排不仅解决了工位问题，还让学生在一天内交替进行“动手实践”和“设计仿真”，符合 CDIO “做中学”的理念。

其次，设置备选方案容错机制。学生首次接触 PCB 设计，布局布线错误、焊接短路等问题较为常见。首轮教学中，PCB 一次成功率只有约 50%。如果没有备选方案，近一半学生将无法完成最终展示，教学效果将受到严重影响。具体做法是：允许 PCB 失败的学生用洞洞板重新搭建电路，不影响最终评分。结果是所有学生都完成了可正常工作的产品，备选方案覆盖率达到 100%。该做法并非降低标准，而是回归项目化教学的本质：让学生经历完整工程过程，而非因单一环节失败中断学习。当学生因为 PCB 失败而不得不用洞洞板重搭时，其对电路原理的理解反而更为深入。

2.5. 多元评价体系

课程采用 100%课程作业评价，无期末考试。这既是 CDIO “基于能力表现评价”的要求，也是项目化教学“过程性评价”的体现[12]。评价体系由三个维度构成，如表 2 所示。

Table 2. Assessment system composition
表 2. 评价体系构成

维度	评价项	权重	考核重点
个人能力	个人进度报告	40%	电路设计原理、个人贡献、技术文档规范
	小组报告	25%	电路与 PCB 设计、外壳设计、测试完整性
团队协作	小组展示	10%	20 分钟答辩、含产品演示、技术问答及可持续发展性阐述
	同伴互评	5%	组内成员贡献度
过程反思	阶段日志 × 4	20%	工作记录、问题解决、反思、计划

个人与小组的权重各占 40%，是经过权衡的。如果个人权重过高，学生倾向于独立完成，团队协作流于形式；小组权重过高则易出现搭便车现象，个别学生贡献有限却共享团队成绩。40%个人 + 40%小组 + 20%过程的结构，既保证了每个人都要独立完成设计和报告，又要求学生在团队中协作完成产品。同伴互评虽然只占 5%，但它的存在本身就对团队协作有促进作用，学生知道组内成员会评价自己的贡献，有助于减少消极参与。

过程性评价主要通过 4 次阶段日志实现，约每 3 至 4 天提交一次，每次满分 10 分，考核内容包括阶段工作、问题与解决、反思及下一阶段计划四项，分值分别为 3 分、3 分、2 分和 2 分。教师在每次提交后一周内返回评分和书面反馈。此外，课程设置 70% 的出勤率硬约束，低于 70% 者成绩封顶为及格线。这一制度在国内课程中不常见，但对实践类课程是必要的——CDIO 课程的动手能力和团队协作，缺课造成的实践损失难以通过课后弥补。

3. 教学效果

3.1. 整体成效

首轮授课共 77 名学生，最终成绩采用英制评分，40 分为及格线，按合作项目协定分段换算为中方百分制：英制 40 至 70 分区间，中方成绩为英制成绩加 20 分；英制 70 分以上区间，中方成绩为 $90 + (\text{英制成绩} - 70)/3$ 。本轮学生英制成绩集中在 40 至 73 分区间，均值 56.52 分，标准差 8.53，分布如图 3 所示。77 名学生全部及格，其中良好及以上(英制 ≥ 60 分，对应中方 ≥ 80 分) 34 人，占 44.2%；优秀(英制 ≥ 70 分，对应中方 ≥ 90 分) 7 人，占 9.1%；最高分 73 分，对应中方 93 分。成绩呈近似正态分布，表明课程难度设置较为合理，评价体系具备较好的区分度。

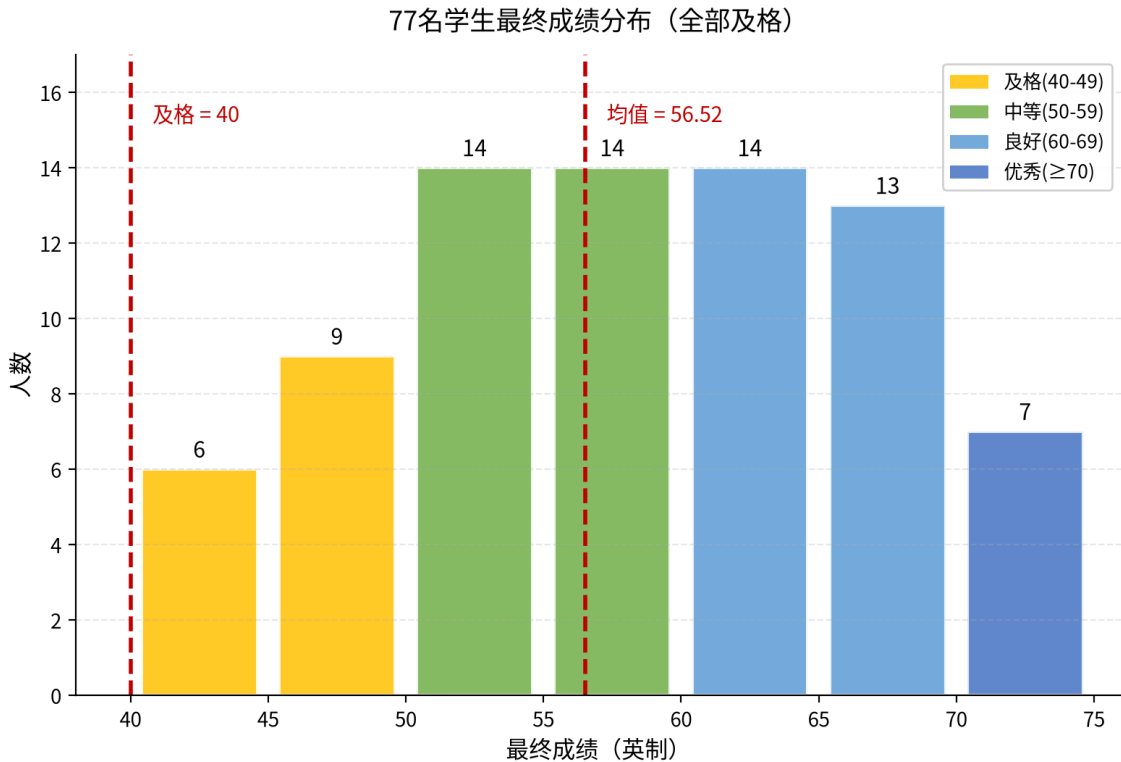


Figure 3. Final score distribution of students
图 3. 学生最终成绩分布

实物作品完成情况显示, 77 名学生均完成了最终产品展示。PCB 一次成功率约 50%, 所有 PCB 未成功的学生均通过洞洞板重构完成项目; 3D 打印外壳完成率 100%, 其中 80% 以上达到预期设计要求, 学生在外壳设计中普遍考虑了按键布局、显示窗口与维护开口等人机工程因素, 部分小组在答辩中还阐述了材料选择、模块化结构与量产可行性等可持续发展相关内容。课堂观察表明, 学生的学习投入度明显高于常规实验课, 课余时间主动留校调试的情况较为普遍, 小组间存在作品观摩与技术交流, 最终展示环节参与积极。上述非量化表现, 为项目化教学的实施成效提供了重要佐证。

3.2. 存在问题

各评价维度的得分率及其与最终成绩的相关性如图 4 所示, 数据反映出三方面问题。

其一, 个人技术报告是学生能力的最大短板。个人报告得分率仅 47.2%, 25% 分位数即为 40 分及格线, 表明近四分之一学生的报告成绩处于及格边缘。该维度与最终成绩的相关性最高($r=0.839$), 是总成绩的最强预测因子, 说明独立撰写技术报告的能力对课程总成绩具有决定性影响。批阅发现, 问题主要集中在三方面: 英语技术写作不规范、语法错误较多; 文档格式不统一, 目录交叉引用与图表编号错误较为普遍; 电路设计原理分析深度不足, 多数报告仅罗列电路图而缺乏设计推导与原理阐释。

其二, 同伴互评的区分度不足。同伴互评得分率最高(75.5%), 但与最终成绩的相关性最低($r=0.539$), 反映出评分趋中倾向, 即学生普遍给予组内成员较高评价, 互评结果难以有效区分个体贡献差异。如何优化互评量表以提升区分度, 是后续教学改进的方向之一。

其三, 阶段日志成绩呈现先升后降的趋势, 如图 5 所示。前三次持续上升(58.1%→62.3%→66.9%), 表明学生在项目推进中阶段反思与问题总结的质量逐步提高; 第四次回落至 59.2%, 主要原因是项目末期产品调试与展示准备占用较多精力, 导致日志投入不足。这一规律表明, 日志提交节点的设置应避开项目关键冲刺阶段。

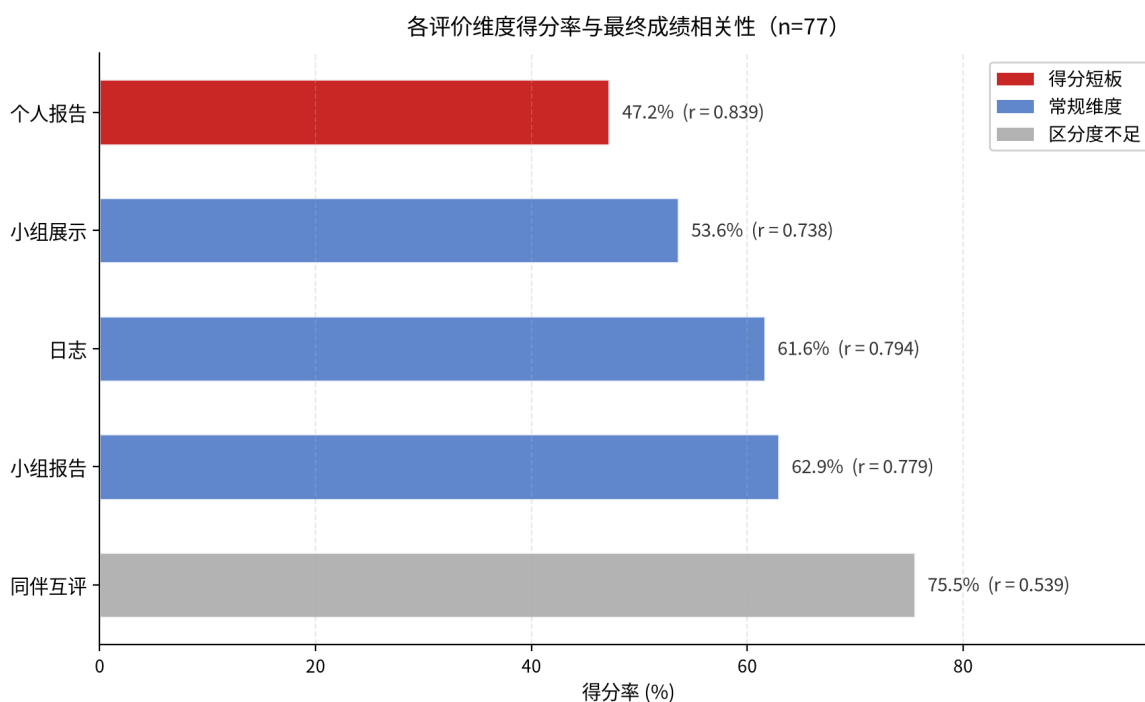


Figure 4. Score rate and correlation of each dimension

图 4. 各维度得分率与成绩相关性



Figure 5. Score trend of stage logbooks
图 5. 阶段日志成绩变化

4. 讨论

4.1. 教学反思

基于首轮教学实践,形成以下三点反思。其一,集中式授课模式对低年级学生具有较好的学习成效。3周连续授课使学生在项目推进中实现知识与技能的持续积累,避免了常规课程实践环节间隔过长导致的知识断层;但该模式教学强度较高,双师协同是保障教学质量的必要条件。其二,过程容错机制旨在保护学习完整性而非降低评价标准。首轮 PCB 一次成功率约 50%,若未设备选方案,近半数学生将无法完成最终展示,课程的工程教育价值将大打折扣;洞洞板重构过程本身即为故障排查与电路验证的二次实践。其三,工程文档写作能力应在前置课程中系统培养。个人报告得分率偏低的主要原因在于学生缺乏技术报告的规范写作训练,而非学习投入不足;受限于 3 周课程时长,无法在课内系统开展写作教学,需依托前置课程进行铺垫,后续可探索基于范例的微型写作工作坊以强化训练。此外,针对同伴互评区分度不足的问题,后续可设计包含具体行为锚点的评价量表,结合焦点小组访谈等质性方法,深入探究学生能力短板的深层原因。

4.2. 课程建设启示

本课程实践可为国内电子信息类项目化课程建设提供四点启示。一是项目载体应兼顾规模可控与工程完整,以难度适中的纯数电项目覆盖从需求分析到产品交付的全流程,使低年级学生建立工程系统观。二是设置过程容错机制,针对 PCB 制造成功率有限的现实,以洞洞板备选方案保障全员完成展示,其价值高于追求一次成功率。三是构建“个人-团队-过程”三维评价闭环。采用 40%个人报告、40%小组

成果与 20%过程的权重兼顾独立考核与协作培养,个人权重可抑制责任分散。四是推广双师协同模式,国内高校可探索专任教师与实验技师或企业工程师协同授课,应对集中实践课程的高强度指导需求。需要指出的是,上述模式的成效依赖双师协同、集中授课等特定资源和条件。在资源受限的常规教学环境中,可考虑在保留 CDIO 核心流程的前提下,实施诸如将集中授课拆解为分散式项目周、以专任教师协同实验技师替代双外教配置、以班级为单位控制项目规模等措施来适配本土教学条件。

5. 结论

CDIO 工程教育模式与本土项目化教学在理念层面具有内在一致性,二者的深度融合可为中外合作办学课程的本土化改造提供可行路径。本文以常州工学院与赫特福德大学合作办学的“电子产品开发”课程为案例,系统梳理了 CDIO 四阶段框架与项目化教学要素的融合逻辑,总结了双师线下协同、过程容错机制、多元过程评价等本土化适配策略。首轮 77 名学生的教学实践表明,该融合模式能够在 3 周集中授课周期内使学生完成从概念设计到产品交付的完整工程流程,全员达成课程考核要求,在工程实践能力、团队协作与创新意识方面获得综合提升。

本研究的贡献主要体现在两个方面:一是验证了 CDIO 模式与本土项目化教学融合的可行性,为中外合作办学课程的本土化改造提供了可操作的实践范式;二是提炼了“规模可控但环节完整”的项目载体设计原则与过程容错机制,对国内电子信息类低年级项目化课程建设具有借鉴价值。研究局限在于样本仅来自首轮授课,且以量化数据分析为主,后续将在持续教学迭代中积累跨轮次数据,进一步验证融合模式的稳定性并优化评价体系。

致 谢

本课程的顺利开展得益于英国赫特福德大学教学团队的大力支持,特别感谢 Kaung Oo Htet, Jack Quach 在课程设计、教学实施和技术指导方面的付出。感谢常州工学院赫特福德学院为课程提供的实验条件和耗材保障。

基金项目

常州工学院国际化精品课程(GJKC202403)、课程思政示范课程(SZKC202405),2026 年江苏高等教育“电子信息类专业建设、课程建设、教学研究”课题(2026JSDZJG30)。

参考文献

- [1] 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[EB/OL]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2018-12/31/content_5443530.htm, 2018-09-17.
- [2] 李跃光,唐淑萍,马凯,等.基于工程教育认证背景的人才培养模式探索[J].创新教育研究,2025,13(2):496-501.
- [3] 卞萌,费腾.新工科建设下“跨学科、项目化”遥感实习教学改革模式的设计与实践[J].测绘通报,2026(S2):337-341.
- [4] 张琰,苏静,张峻霞,等.新工科背景下 AI 赋能的“机电一体化系统设计”案例和项目驱动课程教学实践[J].创新教育研究,2025,13(4):78-84.
- [5] Crawley, E.F., Malmqvist, J., Östlund, S. and Brodeur, D. (2014) Rethinking Engineering Education: The CDIO Approach. 2nd Edition, Springer, 12-35.
- [6] 熊仲明,郑涛.基于“全球本土化”理念的中外合作办学课程体系构建研究[J].陕西教育(高教),2026(1):94-96.
- [7] 于源.中外合作办学课程体系的本土化研究与实践探索[J].中外企业家,2020(14):160.
- [8] 唐丽云,戴俊,尚长春,等.地方工科型高校中外合作办学模式分析[J].职业教育发展,2017,6(2):61-64.
- [9] 陈瑜,唐宏敏,秦卫星.中外合作办学背景下国外优质教育资源的引进、消化与吸收——以长沙理工大学为例[J].

- 教育教学论坛, 2019(15): 4-6.
- [10] 克伯屈. 教学方法原理[M]. 第2版. 王建新, 译. 北京: 人民教育出版社, 2016.
- [11] 权双璐, 王永泉, 胡改玲, 等. 工程教育视角下 C-CDIO 创新创业实践课程环设计[J]. 实验室研究与探索, 2024, 43(8): 190-193.
- [12] 闫俊霞, 钱善华, 卢学玉. AI 背景下 CDIO 理念驱动的“机械设计”课程教学改革[J]. 中国工程机械学报, 2026, 24(3): 561-564.
- [13] 陈敏, 梁伟健, 伍小芹, 等. AI 赋能“高频电子线路”实验教学改革研究——以小信号谐振放大器智能优化设计项目化教学为例[J]. 高等工程教育研究, 2026(2): 178-184.
- [14] 李志义, 朱泓, 刘志军, 等. 用成果导向教育理念引导高等工程教育教学改革[J]. 高等工程教育研究, 2014(2): 29-34+70.
- [15] 林健, 刘振忠, 刘芮伊. “新工科”视域下地方高校工程教育实践教学体系的变革探究——以天津市某高校机械学院为例[J]. 中国轻工教育, 2026, 29(4): 20-28.