

“专创融合”视域下《合成生物学》课程建设策略研究

陈俊^{1*}, 杨之帆², 李飞¹, 黄皓¹, 徐丹丹¹

¹武汉科技大学化学与化工学院, 湖北 武汉

²湖北大学生命科学学院, 湖北 武汉

收稿日期: 2025年1月1日; 录用日期: 2025年2月10日; 发布日期: 2025年2月19日

摘要

合成生物学已成为全球研发及商业开发的热点领域, 将实现未来的经济大挪移, 同时, 合成生物学是交叉性极强的应用学科, 因此, 合成生物学是良好的构建“专创融合”的课程载体。文章采用双PBL法, 即将问题式学习法(Problem-based learning)和项目式学习法(Project-based learning)贯穿合成生物学授课全过程, 以学生为中心, 着力培养学生发现问题、解决问题的创新意识与创新能力, 构建“课创融合、专创融合、赛创融合、产创融合”的立体教学网络, 解决专业与产业脱节的问题。

关键词

合成生物学, 专创融合, 问题式学习法, 项目式学习法, 立体教学模式

Research on the Construction Strategy of the “Synthetic Biology” Course from the Perspective of “Integration of Specialty and Innovation and Entrepreneurship”

Jun Chen^{1*}, Zhifan Yang², Fei Li¹, Hao Huang¹, Dandan Xu¹

¹School of Chemistry and Chemical Engineering, Wuhan University of Science and Technology, Wuhan Hubei

²School of Life Sciences, Hubei University, Wuhan Hubei

Received: Jan. 1st, 2025; accepted: Feb. 10th, 2025; published: Feb. 19th, 2025

*通讯作者。

文章引用: 陈俊, 杨之帆, 李飞, 黄皓, 徐丹丹. “专创融合”视域下《合成生物学》课程建设策略研究[J]. 创新教育研究, 2025, 13(2): 251-257. DOI: 10.12677/ces.2025.132112

Abstract

Synthetic biology has emerged as a hotspot in global research and commercial development, promising to drive significant economic shifts in the future. At the same time, synthetic biology is a highly interdisciplinary applied discipline. Therefore, it serves as an excellent curriculum carrier for building the integration of “specialty and innovation and entrepreneurship”. This article adopts a dual PBL approach, integrating problem-based learning and project-based learning throughout the entire synthetic biology teaching process. With student-centered, it focuses on cultivating students’ innovative consciousness and ability to identify and solve problems, and constructs a three-dimensional teaching network that integrates “course innovation, specialty innovation, competition innovation, and industry innovation”, addressing the issue of the “mismatch” between majors and industries.

Keywords

Synthetic Biology, Integration of Specialty and Innovation and Entrepreneurship, Problem-Based Learning, Project-Based Learning, Three-Dimensional Teaching Model

Copyright © 2025 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

2021 年，国务院办公厅《关于进一步支持大学生创新创业的指导意见》中强调“将创新创业教育贯穿人才培养全过程”[1]；2019 年，国务院办公厅《关于做好深化创新创业教育改革示范高校 2019 年度建设工作的通知》中指出创新创业教育改革示范高校的工作重点之一是“建设‘专创融合’特色示范课程”[2]。专创融合是将专业教育与创新创业教育进行深度融合，在讲授专业知识、培养专业技能的同时，注重学生对专业知识的应用与创新，对成果的转化与创业[3][4]。专创融合是高校构建创新创业教育体系的核心手段，也是高校培养学生在专业领域进行创新创业能力的重要途径[5]。合成生物学以应用性为导向、工程化为理念，通过人工设计和构建自然界中不存在的生物系统来解决能源、材料、健康和环保等问题[6][7]。鉴于合成生物学的科学意义和应用价值，全球主要发达经济体纷纷将其列入国家发展战略[8]-[10]。麦肯锡 2020 年报告预测：未来 10 至 20 年，全球生物经济规模将达 2 万至 4 万亿美元[11]。本文以合成生物学课程为载体，采用双 PBL 教学法[12]-[15]，探索生物工程专业专创融合的教学模式，构建“课创融合、专创融合、赛创融合、产创融合”的立体教学网络，提升学生的创新创业意识和能力。

2. 合成生物学专创融合课程教学建设策略

2.1. 双 PBL 教学法的课程基础

专创融合是对专业知识的综合、创新应用。因此，对于开展专创融合教学的课程，在开课学期上，相对靠后一些比较合适，学生在完成专业基础知识的理论学习和基本实验技能的储备后，再上升到考察综合、创新应用能力的专创融合学习。本专业合成生物学于第 6 学期开课，前期已完成生物工程导论、生物化学、微生物学、分子生物学、基因工程、生物分离工程、生化反应工程等一系列专业理论课学习；并同步完成生物化学实验、微生物实验、基因工程实验、生物分离工程实验、认识实习等一系列实验、

实践课程学习；以及创业学基础课程学习，对广谱的创新创业知识与理论有一定认识。

合成生物学是交叉性极强的应用学科，在完成上述三方面的知识储备后，合成生物学授课宗旨主打知识的输出(即学生对知识的应用)，而非输入(即教师对知识的灌输)。在这个宗旨下，合成生物学采用双PBL授课模式，即以学生完成项目为主线(Project-based)，项目一般来源于真实的实践场景，譬如来源于教师的纵向、横向科研课题，或者项目由学生自行提出，但教师会引导学生思考、完成项目的落地应用场景。在完成项目的过程中，遇到问题，教师再针对性地进行知识滴灌(Problem-based)，是学生基于项目向教师主动索取知识的过程，而不再是教师从第一章讲至最后一章的授课方式。

2.2. 设置侧重专创融合的课程教学目标

专创融合的课程教学目标，除了了解与掌握课程核心知识，更注重课程知识在创新、创业中的应用。合成生物学是生物科学在二十一世纪出现的一个分支学科，有望通过合成生物学解决健康、环境、能源等一系列问题。结合专创融合教学要求，本课程的教学目标设置为：(1) 通过本课程的学习，了解合成生物学内涵、研究方法、方向和工具，合成生物学工作流程，以及合成生物学研究与应用、发展和成果；通过搜索资料自主学习，初步具备提出合成生物学的科学问题，并具备进行初步实验的能力；培养学生提出问题的能力，对技术问题的理解能力，归纳总结能力，并养成终身学习的习惯。(2) 通过本课程的学习，了解文献搜集、市场调研，项目书撰写，PPT制作，项目模拟路演等创新创业知识与方法；对合成生物学应用领域，包括有效的疫苗生产、新药和改进的药物、以生物学为基础的制造、利用可再生能源生产可持续能源、环境污染的生物治理等，能发掘其中的创业价值，并进行商业化预研。(3) 通过本课程地学习，培养学生能将专业与创新创业相结合，能结合调研与文献，对合成生物学领域复杂工程问题提出初步的方案设想，能对各种方案设想进行分析比较，并具备对可行的方案进行初步实验或实践的能力。同时，在专创融合的实践教学中，潜移默化融入思政元素，激励学生勇于创新，培养学生从专业视角，发现并解决生产实践中存在的问题，培养学生用专业知识创造价值、服务社会的责任感。

2.3. 设置侧重过程性考核的课程评价机制

课程教学目标直接影响课程教学方式、教学内容、以及评价机制。本课程教学内容分为两大板块：课程基础理论知识和专创融合实践活动。课程基础理论知识包括合成生物学概述、合成生物系统设计、合成生物学的基础研究、合成生物学常用实验技术、以及合成生物学的应用研究。专创融合实践活动包括项目式学习法、赛创融合学习法、企业游学学习法、以及翻转课堂。教材选用科学出版社的《合成生物学导论》[16]，辅助教学资源包括中国大学MOOC(合成生物学)[17]、IGEM官网[18]等。课程考核侧重过程性评价，即平时成绩占60%，期末卷面成绩占40%，过程性考核包括：线上作业(20%)：检测各章节理论知识掌握情况；项目研讨(40%)：提交的活动记录+活动汇报；项目设计(40%)：项目方案+项目路演。根据具体教学效果与需求，可逐步减少终结性考核(期末卷面考试)占比，甚至可以完全采用过程性考核进行评价。

2.4. 构建双PBL“四融合”的立体教学模式

专业与产业，两者是紧密的供需关系，但目前专业培养的人才往往与产业需求存在较大偏差或脱钩，而且专业设立时间越长，这种偏差或脱钩的可能性越大。针对这种情况，合成生物学在课程教学过程中，积极开展“课创融合、专创融合、赛创融合、产创融合”，即“四融合”教育，打通“学、研、创、产”四个环节，在专业与产业、专业与创业之间构建立体网络，切实解决专业与产业脱节的问题(见图1)。

(1) 以课程为载体

课程载体路线：主课→附课→课程群，建立“四融合”主课《合成生物学》，探索立体教学路径、模式；然后以主课为模板，建立立体教学附课(卫星课程)，实践、验证“四融合”主课模式的有效性；最后形成“围绕主课 + 卫星课程”的立体教学课程群，让专创融合教学、创新创业能力培养跨越多个教学周期。

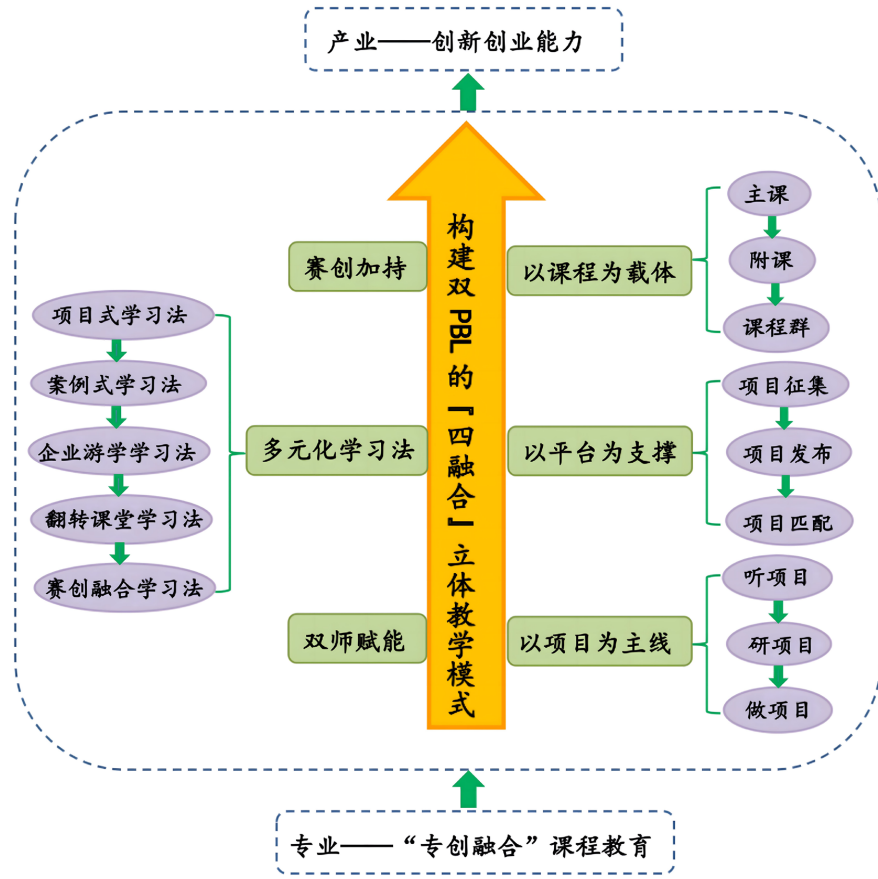


Figure 1. The “Four Fusion” stereoscopic teaching mode of double PBL
图 1. 双 PBL 的“四融合”立体教学模式图

(2) 以平台为支撑

搭建“四融合”立体教学支撑平台，即搭建 3C 创客教学平台，为“专创融合”课程系统化、规模化运营立体教学内容提供平台支撑，譬如以系为单位，进行“四融合”立体教学项目运营，主要包括三大步：项目征集→项目发布→项目匹配(师、生、项目三方遴选、匹配)，建立校、院、系三级创新端口。因为创新创业思维和能力的培养不是一蹴而就的，因此本专业在进行专创融合培养过程中，通过搭建 3C 创客教学平台，本科生从大三开始，便跟随科研团队，开展为期两年的沉浸式创新创业训练，并跟随同一团队，直至完成毕业论文(设计)。

(3) 以项目为主线

教学摒弃了传统授课模式，采用“项目式”教学主线，即围绕“听项目”→“研项目”→“做项目”这个教学主线，全程以学生为主体，在项目进行的过程中，学生缺乏哪个板块的知识，再进行相应板块的知识讲解与补充，而不是从头到尾，即从第一章讲到最后一章。因此，课件及教案中的内容，并非全部讲授，而是根据学生情况，进行选讲。例如本专业合成生物学一共 32 学时，理论讲授 16 学时(按需滴灌)，活动实践 16 学时，课程实验部分为课外学时，对接专业开展的“本科生科研训练计划”，时间长达 2 年。

(4) 赛创加持

赛创融合是产教融合教育过程中,激发学生创新创业兴趣、检验学生创新创业能力的有效途径之一。项目利用专业搭建的创客平台,组织规模化的赛创融合教学,赛创融合项目来源于企业,经教师分解后,形成小的子课题,用于学生科研训练及赛创融合教学。真实企业场景来源的项目的引入,一方面可极大提高学生解决生产实践问题的成就感;另一方面,通过赛创融合,学生研发思维与能力、团队组织与协作、资料搜集与整理、成果展示等能力得到全方位培养,这对于学生步入工作岗位或者继续深造都受益匪浅。

通过平台运作,参与赛创融合的学生覆盖度可达 60%以上,获奖率提升 50%。2023 年本专业赛创融合获省级及以上奖项达 11 项,其中包括合成生物学国际权威赛事 IGEN 金奖的突破;同时,以本科生为主,发表 A 区论文 4 篇。

3. 双 PBL 教学法的课程目标达成情况

以 2024 年春季的《合成生物学》开课数据为例,授课内容包括基础理论讲解和活动实践课,采用分组教学模式。活动课包括 3 次课外调研,并对调研内容进行记录,3 次翻转课堂,2 次线上作业(包括基于热点话题的小论文),2 次线上小测验,1 次企业游学,1 次 IGEN 金奖项目分享与研讨。综合分析过程性考核和终结性考核,结果显示课程目标的达成度均在 88%以上(见表 1),达成情况良好。经与学生交流和教学团队的讨论,认为通过课堂讲授、研讨、课后作业和小测验,学生能够较好地掌握合成生物学的重要理论,能够运用合成生物学知识对生物工程领域的复杂工程问题进行识别、分析和判断;能够基于合成生物学原理,通过文献查阅或相关调研,分析生物工程领域复杂工程问题,并能初步提出相应的解决方案。

由表 1 可以看出,三个课程目标中,课程目标 1 达成度相对较低,对应课程相关理论知识、研究方法、研究工具等内容,这可能是由于基于问题(Problem-based)的针对性知识滴灌覆盖不够全面,即非问题提出小组对于针对性滴灌的知识不够重视,或理解不够透彻,导致课程目标 1 达成度相对较低。课程目标 3 达成情况最好,对应考察学生对课程知识的综合创新应用、解决实践问题的能力,这表明通过双 PBL 教学法对于专创融合课程教学是非常有效的。

Table 1. Analysis of achievement of course objectives in “synthetic biology”

表 1. 《合成生物学》课程目标达成情况

课程目标 (支撑的指标点)	课程目标的 折后综合成 绩分理论值 (%)	各考核点达成情况(%)						课程目标 达成情况	总达成 情况
		期末考试			研讨	作业	小测验		
		名词解释 + 辨析题	绘图、阅读 答题 + 综 合拓展题	不定项 选择题					
课程目标 1 (2.3)	30	0.9			0.9073	0.8	0.88	0.8815	
课程目标 2 (4.1)	50		0.9284		0.9	0.9	0.85	0.8991	0.9011
课程目标 3 (12.3)	20			0.9489	0.9153			0.9355	

4. 小结

“专创融合”是关联专业与产业、创新与创业的重要途径。教无定法,不同学校,不同专业,不同课程均对专创融合课程教学进行了诸多探索[3]-[5] [19]。本文根据合成生物学课程特点,采用双 PBL 法进行专创融合课程教学,即以项目为主线(Project-based),在项目进行过程中,围绕问题进行理论知识的讲解(Problem-based),以学生为中心,进行大量的调研与研讨,每一次研讨都包括资料搜集、研讨报告、PPT

展示等环节，学生在大量参与教学过程中，利用专业知识进行创新思考、解决问题的综合能力得到显著提升。赛创融合是检验学生创新创业能力的有效途径之一，分析近三年赛创融合数据可见，本专业学生在各类专业赛事中屡屡突破(见表 2)，特别是国际合成生物学顶级赛事 IGEN 着重考察学生的创新思维、创新设计、学生为主体的参与度、以及项目的落地情况等方面，这与专创融合要求用学科知识进行创新应用解决实践问题高度一致；而揭榜挂帅专项赛更是用学科知识解决来自企业的生产实践问题，这表明专创融合教学不但给赛创提供了有力支撑，同时也切实提高了学生的创新实践能力。

Table 2. Awards received in professional competitions in the past three years
表 2. 近 3 年参加专业类竞赛获奖情况

获奖等级	2022	2023	2024
国家级	3 ^a	3 ^b	5 ^c
省级	3	7	6
总计	6	11	11

^a 全国生命科学大赛获奖；^b 首次获 IGEN 全球金奖；^c 首次获挑战杯“揭榜挂帅”专项赛奖项。

基金项目

2022 年校级教改课题：3C 创客教学平台搭建；2021 年校级教改课题：“合成生物学”专创融合课程建设；教育部产学研合作育人项目：生物工程专业产教融合教学路径探索与实践(项目号：DH1051102)。

参考文献

[1] 国务院办公厅. 关于进一步支持大学生创新创业的指导意见[Z]. 国办发[2021] 35 号. 2021.

[2] 教育部办公厅. 关于做好深化创新创业教育改革示范高校 2019 年度建设工作的通知[Z]. 教高厅函[2019] 22 号. 2019.

[3] 单琳琳, 宋娜, 史磊, 等. “专创融合”视角下医学生物化学与分子生物学教学探索与实践[J]. 创新创业理论与实践, 2024(11): 24-27.

[4] 杨晓萍. 茶叶生物化学专创融合课程建设研究[J]. 高教学刊, 2023, 9(10): 68-71.

[5] 殷亚杰, 张国发, 李芸天, 等. OBE 理念下地方高校生物类专业“专创融合”教育的探索与实践[J]. 黑龙江农业科学, 2022(11): 96-99.

[6] 周军, 于水, 周永丰. 合成生物学的发展与展望[J]. 功能高分子学报, 2024, 37(6): 549-558.

[7] 张先恩. 十大措施合力探索合成生物学发展“深圳模式” [J]. 中国科学院院刊, 2024, 39(9): 1574-1582.

[8] The White House Office of Science and Technology Policy (2023) Bold Goals for U.S. Biotechnology and Biomanufacturing: Harnessing Research and Development to Further Societal Goals.

[9] 合成生物学发展战略研究组. 合成生物学路线图 2030 [M]. 北京: 科学出版社, 2024.

[10] 中国学科及前沿领域发展战略研究项目组. 中国合成生物学发展战略(2021-2035 年) [M]. 北京: 科学出版社, 2024.

[11] McKinsey Global Institute (2020) The Bio Revolution: Innovations Transforming Economies, Societies, and Our Lives.

[12] 周波, 徐启江. Problem-Based Learning 模块式试验在分子生物学实验教学中的实践[J]. 生物学杂志, 2020, 37(1): 110-112.

[13] 唐娟, 郭云山, 郭婷, 等. PBL 教学法在细胞生物学讨论课中的应用[J]. 现代生物医学进展, 2014, 14(27): 5352-5355.

[14] 张琳, 陈为, 张柯, 等. 发酵工程应用型课程建设研究——以项目导学习, 以实践促发展[J]. 河南化工, 2019, 36(12): 52-54.

[15] 周璇, 徐一梦, 曾隼, 等. 基于项目式学习的高校微生物学实验课教学改革[J]. 微生物学通报, 2024, 51(4): 1281-1289.

[16] 宋凯. 合成生物学[M]. 北京: 科学出版社, 2019.

[17] 中国大学 MOOC (慕课) [EB/OL].

<https://www.icourse163.org/learn/SDU-1458471161?tid=1472262446#/learn/announce>, 2025-02-11.

[18] IGEN 官网[EB/OL]. <https://www.igem.org/>, 2025-02-11.

[19] 白红娟, 陈静, 刘文举, 等. 基于“专创融合”的“化工原理”课程教学改革与实践[J]. 化工时刊, 2024, 38(4): 70-73.