本科合成生物学课程教学改革的探索与实践

饶德明

武汉轻工大学 生命科学与技术学院 湖北 武汉 430023

【摘　要】：合成生物学是支撑我国生物制造产业的交叉新兴学科，国内多所高校已开设本科专业及相关课程。针对本科《合成生物学》课程定位模糊、前沿内容不足、实践薄弱、考核固化等问题，本文立足立德树人、前沿导向、知行合一、因材施教四项原则，开展课程教学改革。通过重组模块化教学资源，落实问题驱动线上线下混合教学，搭建低成本虚拟仿真创新实训平台，建立过程与终结考核并举的多元评价体系，将“设计-构建-测试-学习（Design-Build-Test-Learn，DBTL）”工程迭代思想与国内生物制造案例融入课程。教学实践显示，该改革可激发学生课堂热情，拓展学科前沿视野，塑造工程科创思维，实现知识教学，能力培养和价值塑造协同育人，为地方高校同类课程建设提供实践依据。

【关键词】：合成生物学；本科教学；教学改革；工程思维；多元评价

DOI:10.12417/2705-1358.26.16.065

引言

合成生物学已被纳入国家重点研发计划重点专项，天津大学、江南大学等高校陆续开设合成生物学本科专业，产业端对兼具工程思维的复合型生物人才的需求持续增长[1]。合成生物学融合生物学、信息学与工程科学，强调 DBTL 工程循环，区别于传统生物学侧重现象描述的教学逻辑。现阶段很多高校开设的合成生物学本科课程，仍沿用传统生物课程授课思路，普遍存在课程目标与人才培养链条脱节、前沿产业案例融入不足、实践条件受课时耗材制约等现实矛盾。学生容易孤立记忆概念，但缺少系统设计生物线路、解析实际问题的能力。为适配生物类本科人才培养目标，本文结合本校课程实际，提出完整教学改革方案，总结改革成效，为本科合成生物学课程建设提供可借鉴的实践样本。

1 合成生物学课程教学现状与现存问题

1.1 课程定位模糊，人才培养适配性不足

合成生物学是多学科交叉新兴领域，兼具生物学基础、工程思维与产业应用属性。国内学科建设背景下，不少高校开设该课程，但其在本科培养方案中的定位并不明确。多数院校将其划为普通生物学拓展选修课，未能厘清承上启下的枢纽价值，既未实现与分子生物学、微生物学先修课的能力衔接，也未对接生物制造的毕业能力需求。课程侧重知识普及，缺少 DBTL 工程迭代思维训练。学生来自生物科学、生物技术、生物工程不同专业，未开展分层教学设计。定位模糊导致学生碎片化识记概念，难以形成“生物元件-人工生命系统”完整认知。

1.2 教学内容陈旧，前沿融合力度薄弱

目前教材重点介绍元件、基因线路等经典理论，AI 辅助元件设计、大片段基因组编辑、无细胞合成生物学等前沿内容涉及不多；教学案例多选取国外经典研究文献，国内 PHA（聚羟基脂肪酸酯）可降解塑料、氨基酸生物制造等产业化案例融入不足；知识点讲授碎片化，缺少以 DBTL 循环串联的一体化教学设计；前沿文献与产业动态多为教师即兴增补，未纳入正式教学大纲；学生因缺乏系统训练，仅能记住孤立名词，对国内学科发展现状不够熟悉。

1.3 教学模式单一，实践育人环节缺失

课程多采用“PPT 讲授”灌输式教学，缺少问题驱动、项目导向的探究式设计。受实验室场地、课时约束，多数课程缺少配套实践；少数实践仍为传统分子生物学验证实验，未能体现合成生物学工程迭代内核。学生被动接收理论，缺少自主线路设计、失败分析的思维训练。线上资源仅投放课件录播，缺少线路仿真交互式任务；课下研讨、小组探究项目不足。理论实践割裂，造成学生熟记概念，但面对细胞工厂设计任务无从下手，不利于对接学科竞赛、毕业设计与产业就业。

1.4 考核体系固化，过程性评价不完善

原有考核多为“期末试卷+平时作业”，期末笔试占比偏高，侧重概念记忆，名词解释、简答题型居多，缺少开放性设计类题目，难以评价工程设计能力。平时成绩主要依靠书面作业，课堂研讨、小组项目、文献汇报权重较低。部分学生依靠期末突击获得高分，无法区分思辨与创新潜力。生物安全、科

作者简介：饶德明,男（1988.12-），汉，安徽桐城人，博士，讲师，研究方向：合成生物学。

研伦理等素养要求未纳入考核指标。旧评价导向学生重记忆轻思考，无法客观反映课程实际育人效果。

2 合成生物学课程教学改革的设计原则

2.1 立德树人原则，夯实专业素养根基

改革落实立德树人根本任务，摒弃案例简单堆砌，将科研诚信、生物安全、合成生物学伦理融入知识讲授，以基因编辑、人工细胞构建为议题组织思辨讨论，引导学生辩证看待技术机遇与潜在风险；依托二氧化碳人工合成淀粉、PHA 产业化等本土案例厚植科技报国意识，阐明合成生物学对绿色制造的战略价值，依托课堂与小组研讨开展价值引领，促使学生在路线设计时兼顾安全考量，实现价值引领与知识传授、技能培养有机结合[2]。

2.2 前沿导向原则，衔接学科发展动态

及时跟进前沿进展，在传统教学基础上增加人工智能参与器件构建、底盘细胞基因组工程化、无细胞合成生物学等内容；将发表在 Synthetic and Systems Biotechnology 等国内主办的英文期刊上的成果，以及紫杉醇通路解析、华恒生物氨基酸合成研究及蓝晶微生物公司合成 PHA 研究等经典案例引入教学计划。兼顾国内外研究进展，教会学生基本文献检索解读的方法，对接国家合成生物学重点专项，缩小课堂教学和科研产业距离。

2.3 知行合一原则，强化理论实践融合

立足本科课时经费现实约束，不追求高成本湿实验，构建“仿真模拟+方案设计+小型探究项目”低成本实践体系。将 DBTL 循环贯穿教与学，训练学生线路方案设计、结果预判、缺陷迭代的工程思维。打通课堂和课外科创，课程小组项目与大创、学科竞赛适度衔接。实践不以得到实体实验结果为目标，重在工程分析、方案论证、风险评估能力训练，推动理论向应用能力转化。

2.4 因材施教原则，适配修读学生差异

课程修读学生来自多个生物类专业，知识储备、发展目标分化明显：部分计划科研深造，部分侧重拓宽知识，部分面向产业就业。改革摒弃“一刀切”的教学模式，设置基础必学模块与拓展选学模块。基础模块面向全体学生掌握核心概念；拓展模块供科研兴趣学生开展文献研读、深度方案设计。小组项目设置差异化分工，配套分层学习资源包，兼顾通识夯实和科研预备两类培养诉求。

3 合成生物学课程具体改革举措

3.1 重构课程内容体系，模块化整合教学知识点

重构课程体系为五大模块：合成生物学原理、生物元件及基因线路设计、底盘细胞与系统构建、新兴技术及产业转化、生物安全与科研规范。规避分子生物学、微生物学等先修课程内容重叠，增设工程设计与产业转化内容，各模块配套我国生物制造案例，纳入 AI 辅助设计、无细胞合成生物学前沿，采用“知识点+案例分析+思考题”形式；单元间设置过渡问题，缓解知识点碎片化的教学难题。主要参考教材选用李春《合成生物学》、刘建忠《合成生物学》，宋凯《合成生物学导论》作为拓展读物。

3.2 创新多元教学模式，线上线下融合教学

压缩线下纯理论讲授时长，增设案例研讨，采用问题驱动、项目支撑式教学，每节课以 PHA 启动子优化、重金属生物传感器线路构建、工程菌自杀开关防泄漏等真实科研问题引出知识点。线上平台搭建分层资源库，推送文献节选与产业资讯，布置预习拓展及开源线路仿真模拟任务；课中开展头脑风暴，课后安排文献解读，局部实施翻转课堂。教师由知识讲授者转为引导者，针对仿真与讨论暴露的思维误区及时点拨，实现线上预习拓展与线下思辨答疑深度融合。

3.3 增设课程实践项目，搭建简易科创实训平台

搭建以仿真模拟+方案设计为特色的低成本科创实训平台，设置降解塑料工程菌、高值化学品细胞工厂等小组大作业。学生完整推演 DBTL 全流程：元件筛选、回路构建、效果预判、缺陷剖析、迭代方案撰写，借助开源仿真工具开展模拟运算。优秀项目可推荐申报大创与合成生物学创新竞赛，也可对接课题组深化研究，并开设专题工作坊指导项目报告撰写与风险分析。实践侧重考核逻辑论证完备性，不要求实体湿实验，将科创思维训练融入课程，为后续科创竞赛与科研训练筑牢基础[3]。

3.4 优化综合考核机制，构建多元评价体系

采用过程性评价 50%、期末综合考核 50%的多元考核方案。期末降低记忆类试题占比，增设案例解析、基因线路开放设计大题，重点考查工程思维。过程性评价包含线上预习、课堂研讨、文献作业、小组项目报告与答辩；小组任务增加个人贡献评分规避“搭便车”，纳入伦理安全风险分析指标，并设置项目中期检查，分阶段反馈，重在考察思维深度。考核从课程设计、案例研讨、分层任务、期末试题四个维度，综合评价学生的知识、能力与素养，引导学生重视日常探究协作。

4 合成生物学教学改革实践成效

4.1 学生课程参与度与学习主动性显著提升

改革依托小组研讨、仿真任务、课程项目驱动课堂教学，学生课上主动提问讨论明显增多。线上预习任务完成率保持较高水平，不少学生主动查阅拓展资料，不再仅完成最低要求作业。小组项目促使学生课下自主研讨完善设计方案。问卷反馈显示多数学生不再将课程当作应付学分的选修课，过程分阶段任务改变期末突击的学习习惯。分层资源适配不同学生：学有余力学生主动研读国际基因工程机器大赛（iGEM）项目案例[4]，基础薄弱学生依托模块化资源跟上进度，敷衍作业、缺勤现象减少，有效激发学生自主学习的内在动力。

4.2 学生学科视野与前沿认知有效拓展

合成生物学模块化更新教学内容，搭配文献导读与国内产业案例，拓宽学生学科视野。改革前多数学生对 AI 辅助蛋白设计、无细胞合成生物学认知有限，对国内淀粉人工合成、PHA 产业成果了解较少。教改后学生能够区分经典理论与前沿进展，可以读懂中等难度中文综述，能列举国内生物制造典型应用。多数学生能够辨析合成生物学机遇与生物安全风险，理解多学科交叉特征，跳出孤立记忆元件，建立系统看待人工生命系统的思维，形成主动跟踪学科动态的意识。

4.3 学生实践能力与科创意识稳步增强

依托低成本科创实训，学生基本掌握 DBTL 循环思维。以重金属生物传感器设计为载体，可独立完成元件选型、线路搭建、风险预判与迭代推演，扭转面对设计任务无从下手的局面，报告撰写、口头汇报与小组协作能力得到锻炼。部分优秀小组深化课程设计，申报大创及生命科学类学科竞赛[5]，咨询课题组科研机会的学生较往届增多。课程重在科创思维启蒙，不少学生将课程设计作为大创申报雏形，实现由被动接受到主动设计解决方案的转变。

4.4 课程育人质量与教学口碑持续优化

首轮教学实践表明，学生评教得分较改革前有所提升。匿名问卷显示，多数学生认可模块化内容、混合授课及小组项目式学习，认为课程跳出单纯概念普及，有效锻炼综合能力。依托工程益生菌、基因安全开关开展思辨教学，树立学生科研伦理底线意识。其他教师反馈，修课学生后续科研实训具备更强的系统设计理念。但少数基础薄弱学生对工程设计存在畏难情绪，分层教学设计仍需优化。课程达成知识、能力、素养三位一体育人目标，教学质量明显改善。

5 小结

本文针对地方高校本科《合成生物学》课程现存教学痛点，立足四项核心育人原则，探索出一套适配课时与经费约束的课程改革路径。改革跳出对高成本实体实验的路径依赖，通过模块化重构完成教学内容更新，融合问题驱动混合教学、虚拟仿真方案设计实训与多元过程性评价，将 DBTL 工程思维与国内生物制造产业案例贯穿教学全流程，同步实现知识传授、工程能力训练与科研伦理价值引领。后续将依托教学反馈持续迭代课程资源，建强交叉教学团队，为地方高校合成生物学课程建设提供可借鉴的实践范式。

参考文献：

[1] 晏雄鹰,王依,耿碧男,等.合成生物学竞赛:驱动产学研融合的新引擎[J].合成生物学,2025,6(6):1277‐1293.

[2] 张兵兵,蒋雪梅,祝连彩,等.合成生物学课程体系建设与实践[J].高教学刊,2026,5(4):100‐103.

[3] 张先恩.合成生物学创新赛:燃科创之志,筑未来之梦[J].合成生物学,2025,6(6):1275‐1276.

[4] 李天,胡适,林方兴,等.合成生物学的军事应用及其教育教学开展现状[J].广东化工,2020,47(22):190‐191.

[5] 张阿磊,陈飞飞,冯娇,等.基于“教‐赛‐学”融合的合成生物学课程改革和教学模式探索[J].创新创业理论研究与实践,2025,9(17):125‐127.