

工程教育专业认证背景下的《生物工程设备》课程教学大纲设计

陈永发, 许凯扬, 雷艳丽, 周 慧, 方 芳

长沙理工大学食品与生物工程学院, 湖南 长沙

收稿日期: 2025年8月29日; 录用日期: 2025年9月24日; 发布日期: 2025年9月30日

摘 要

工程教育专业认证作为国际公认的工程教育质量保障机制, 为我校生物工程专业的建设与发展提供了重要导向。在此认证背景下, 本研究针对《生物工程设备》课程展开了系统探讨, 制定了与认证标准高度契合的课程目标。以产出为导向, 设计了覆盖课堂测试、课后作业、课程设计及期末考试等多维度的过程性考核体系, 并建立了侧重于能力评价的各环节评价标准。该研究为推进工程教育认证下的课程体系建设提供了扎实的实践基础。

关键词

工程教育, 工程专业认证, 课程目标, 过程考核, 评价标准

Design of “Bioengineering Equipment” Course Syllabus under the Background of Engineering Education Professional Programmatic Accreditation

Yongfa Chen, Kaiyang Xu, Yanli Lei, Hui Zhou, Fang Fang

School Food Science and Bioengineering, Changsha University of Science & Technology, Changsha Hunan

Received: August 29, 2025; accepted: September 24, 2025; published: September 30, 2025

Abstract

As an internationally recognized quality assurance mechanism for engineering education, engineering

文章引用: 陈永发, 许凯扬, 雷艳丽, 周慧, 方芳. 工程教育专业认证背景下的《生物工程设备》课程教学大纲设计[J]. 教育进展, 2025, 15(10): 305-311. DOI: 10.12677/ae.2025.15101836

education professional programmatic accreditation (EEPPA) provides critical guidance for the development and advancement of the bioengineering specialty at our university. Under the Background of EEPPA, this study conducts a systematic exploration of the “Bioengineering Equipment” course teaching, establishing course objectives that are closely aligned with accreditation standards. Adopting an outcome-based education (OBE) approach, a multi-dimensional process evaluation system has been designed, covering in-class tests, assignments, course projects, and final examinations. Furthermore, detailed grading rubrics focusing on competency evaluation have been developed for each undergraduate. This research offers a solid practical foundation for promoting curriculum system development under the framework of engineering education accreditation.

Keywords

Engineering Education, EEPPA, Course Objective, Process Evaluation, Grading Rubrics

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

联合国制定了十七项需在 2030 年前实现的可持续发展目标(Sustainable Development Goal, SDGs), 其中 SDG4 聚焦于“优质教育”, 该目标旨在确保所有学生获得具有现实意义和实践价值的学习成果, 并使教师具备提供优质教育所需的专业技能。工程领域及工程教育对实现联合国 SDGs 具有不可替代的作用。尤其在工程教育领域, 成果导向教育(Outcome-Based Education, OBE)可成为推动教育质量与可持续性的重要载体, 通过实施成果导向教育, 能够培养学生应对全球复杂挑战所需的知识与技能, 为构建更可持续、更公平的社会贡献力量[1]。

工程教育专业认证是实现工程教育国际互认和工程师资格国际互认的重要基础[2], 我国自 2016 年成功加入《华盛顿协议》并成为第 18 个签约国, 有力促进了我国按国际标准培养工程师、提高工程教育质量。工程教育专业认证体系强调以 OBE 作为核心理念, 通过合理制定毕业要求和培养目标, 反向设计课程体系, 聚焦学生能力培养和学习成果产出, 为课程改革提供了科学路径[3] [4]。工程教育课程体系中, 专业核心课程是高等教育培养工程型人才的核心载体, 其教学质量直接决定人才培养目标的实现和毕业要求达成[5]。作为生物工程专业的核心专业课程, 《生物工程专业》的教学重心已从单一的理论知识灌输, 转向对课程教学模式与教学评价体系的全面探索与革新, 重点培养学生的自学能力、设计能力、创新能力和工程意识[6]。

教学大纲(Syllabus)是课程教学活动的指导和规范, 作为教学管理的重要文件, 其制定和实施对课程教学的质量起着至关重要的作用。传统教学大纲常存在目标笼统、内容偏重理论、评价方式单一、与毕业要求关联不清晰、对解决复杂工程问题能力培养不足等问题。为适应工程教育专业认证要求, 作者对《生物工程专业》课程传统教学大纲进行了重塑, 制定了基于 OBE 理念的《生物工程专业》教学大纲。

2. 课程目标的重构

课程目标既支撑着毕业要求的达成, 又决定着教学内容、教学方法和评价方式[7]。传统教学大纲制定课程目标时, 往往以教材为中心, 教材上有什么内容, 大纲就制定什么样的课程目标。传统《生物工

程设备》教学大纲课程目标如下：

- 1、掌握剪切和传质对反应器结构设计的影响。
- 2、掌握机械搅拌式通风发酵罐的结构和搅拌功率的计算。
- 3、掌握酒精发酵罐结构及计算，掌握圆筒锥底发酵罐的结构特点。
- 4、掌握典型动物细胞培养搅拌系统的结构和特点。
- 5、掌握温度计、压强计以及液位传感器的工作原理。
- 6、掌握机械搅拌发酵罐的常用放大方法。
- 7、掌握固体物料的除杂、筛选和粉碎设备结构原理。
- 8、掌握板框过滤机和真空转鼓过滤机结构及工作原理，掌握碟片式离心机和管式离心机结构和作用原理。
- 9、掌握多级离心萃取机、立式连续逆流离心萃取机和常见离子交换设备结构原理，掌握离子交换罐的放大方法。
- 10、掌握管式薄膜蒸发器结构原理。
- 11、掌握气流干燥、离心喷雾干燥以及真空冷冻干燥流程和设备结构原理。
- 12、掌握无菌空气制备流程和设备结构原理，掌握过滤除菌设备技术。
- 13、掌握固体物料的输送流程和设备结构原理。
- 14、综合运用专业基础知识分析设备故障，能排除简单的设备故障。
- 15、综合运用专业基础知识选择经济型和环境友好型的高性价比工艺设备。

上述教学目标都是以“教”为中心，未体现以“学”为中心，不是成果导向型的课程目标，更不能对毕业要求形成良好支撑。基于成果导向和反向设计原则，作者深度参与专业培养方案制定，深入研究 12 项毕业要求后，对《生物工程设备》课程教学目标进行了重构，制定的教学目标如下：

课程目标 1：能够运用生物工程设备专业知识和数学模型方法对生物工程设备相关复杂工程问题提出多种可行的解决方案，并通过定量分析和综合比较，论证和选择最优的技术方案。

课程目标 2：能识别和分析生物工程设备中的基本设备原理和数学模型，并能运用生物工程设备基础和数学模型正确表达生物工程设备中的复杂工程问题。

课程目标 3：针对生物工程领域的复杂工程问题，综合运用生物工艺特性、工程原理及设备专业知识，设计符合工艺要求的生物工程设备系统，并通过技术参数计算和单元集成优化，形成完整可行的设备解决方案。

课程目标 4：能辨别和分析生物工程设备设计中所涉及的标准规范、知识产权、法律法规、产业政策和企业文化，分析其对工程活动的影响。

Table 1. Correlation matrix between program outcomes and graduation requirements for “Bioengineering Equipment”
表 1. 《生物工程设备》课程目标 - 毕业要求关系表

毕业要求	支撑强度	课程目标
1-工程知识	高	课程目标 1
2-问题分析	高	课程目标 2
3-设计/开发解决方案	中	课程目标 3
6-工程与社会	高	课程目标 4
	中	课程目标 5

课程目标 5: 针对生物工程设备系统的设计与应用方案, 系统分析其全生命周期内对社会、法律、文化的潜在影响; 客观评价制约因素对设备项目实施可行性的限制, 并在解决方案中明确工程师的伦理责任与风险防控义务。

重构课程目标与本课程所支撑的毕业要求的对应关系如表 1 所示。

新的课程目标体现了学生通过课程学习, 不仅仅是获得记忆性知识, 更重要的是需要达成能力或工程素养。新的课程目标采用了反向设计原则, 贯彻了“面向产出”的教学理念。

3. 教学方法的改革

传统教学以教师、课堂和教材为中心, 教师为主体, 学生被动接受知识, 缺乏积极主动性。因此, 教学方法应该从“怎么教”向“怎么学”转变, 强调学生在教学中的主体地位, 学生不再是知识的被动接受者; 强调让学生自主选择 and 决定自己的学习活动, 依靠自己的努力达到学习的目标, 形成自我评价、自我控制、自己调节、自我完善的能力; 强调知识的创新性和实践性, 注重通过研究和实践来建构知识和发展知识[7]。

作者对本课程教学方法进行了较大力度的改革, 摒弃了传统“满堂灌”单一教学方式, 改用了课堂讲授、小组讨论、课后作业辅导和实践实习等多种教学方式。

3.1. 课堂讲授

充分利用现代化教学手段, 播放生物工程设备的实物图和工作视频等, 既提高课堂信息量, 又增强了学生对生物工程设备结构认识的直观性。为了将本课程枯燥知识具象化, 激发学生学习热情, 将理论教学与工程实例相结合, 如在讲解硅藻土过滤机时, 将啤酒厂拍摄的设备工作过程视频进行演示和案例分析, 引导学生利用理论知识解决生物与医药类工厂中机械与设备的运行问题。

3.2. 小组讨论

以小组为单位, 讨论制定适当难度的课程设计题目, 制定设计方案, 并提交设计成果(设计说明书和设计图纸)。如精酿啤酒生产工厂工艺流程设计, 学生需要掌握精酿啤酒的生产工艺, 针对工艺步骤选择合适的设备, 绘制带控制点工艺流程图和主设备结构装配图, 并撰写设计说明书。通过小组讨论和课后文献查阅, 提高学生利用理论知识和现代工具解决生物工程领域复杂工程问题的能力。

3.3. 课后作业与课堂测试

根据本课程中的知识点, 围绕课程目标, 合理安排课后作业和在线测试。如酒精发酵罐、真空冷却器的结构计算、板框压滤机的计算和选型、机械搅拌通气发酵罐的放大、空气过滤器设计标准与规范等课后作业。学生通过课后文献查阅, 完成课后作业, 既巩固了学生对基础理论知识的掌握, 又培养了学生主动查找文献解决复杂工程问题的高阶能力。通过学校网络教学平台在线测试, 对学生上述高阶能力进行合理的形成性评价。

3.4. 实践教学

为了更好地巩固学生所掌握的设备理论知识, 本校生物工程专业培养方案中实践教学环节生产实习与本课程安排在同一学期。学生生产实习所接触的设备大部分都会在《生物工程设备》课程中讲解, 因此, 排课时也安排本课程在上半学期, 生产实习在后半学期。生产实习中学生通过对工艺设备的操作实践, 既能巩固学习过的设备理论知识, 又能发现前期课程设计方案中的不足, 经小组讨论进一步完善设计方案。通过理论与实践环节的紧密结合, 解决了理论与实践脱节的问题, 能很好地培养和锻炼学生解决复杂工程实际问题的能力。

4. 课程考核评价方法革新

传统课程考核评价是基于“教得怎么样”的评价方法，而基于 OBE 理念的课程考核评价属于“学得怎么样”的评价方法。前者遵循“以教论学”，后者遵循“以学论教”。“以学论教”的评价宗旨是学生的发展，它是多样化、个性化的，能通过多种渠道、采取多种形式，在不同学习情境下考查学生掌握知识和应用知识的水平和能力。“以学论教”的评价方式主要是形成性评价，它属于发展性评价；“以教论学”的评价方式主要是终结性评价，它注重评价的评定和选拔功能，忽视评价的诊断和改进功能。终结性评价考核记忆性的书本知识，缺乏高阶能力评价，不利于培养学生高阶能力[7]。

传统《生物工程设备》课程考核评价主要采取期末考试方式对学生进行评价(成绩占比高达 80%)，而且考试内容也主要以记忆性内容为主，属于典型的终结性评价方式，不利于学生高阶能力评价。作者因此进行了该课程考核评价的改革，新的考核评价方式见表 2。

Table 2. Assessment and grading rubric for course objectives in “Bioengineering Equipment”
表 2. 《生物工程设备》课程目标考核和成绩评定表

课程目标	毕业要求	考核环节及比例%					合计比例%
		课堂测试	期末考试	设计说明书	设计图纸	小作业	
1	1.4	14	12				26
2	2.2		38				38
3	3.2			8	8		16
4	6.1					10	10
5	6.2			10			

表 2 结果显示，期末考试考核权重已降至 50%，考试内容也大幅减少了记忆性书本知识，多了综合应用和创新题。课堂测试、设计说明书、图纸和小作业考查学生掌握知识、应用知识分析和解决复杂工程问题的水平和能力，各课程目标的考核标准分别见表 3~5。

Table 3. Scoring rubric for course objective 3
表 3. 课程目标 3 评分标准

考核环节	分值	评分标准				
		优(90~100)	良(80~89)	中(70~79)	及格(60~69)	不及格(<60)
设计说明书	8 分	运用生物工程专业知识和数学模型对复杂生物工程设备问题进行的分析和比较合理，对复杂工程的解决方案完美。	运用生物工程专业知识和数学模型对复杂生物工程设备问题的分析和比较合理，对复杂工程的解决方案较好。	运用生物工程专业知识和数学模型对复杂生物工程设备问题进行的分析和比较基本合理，对复杂工程的解决方案有待改进。	运用生物工程专业知识和数学模型对复杂生物工程设备问题的分析和比较不合理，所提交成果仅能解决一般工程问题。	没有提交解决方案或抄袭他人方案。
图纸	8 分	运用生物工程专业知识对复杂生物工程设备问题解决方案完美，技术语言合规性非常强。	运用生物工程专业知识对复杂生物工程设备问题解决方案较合理，技术语言合规性较强。	运用生物工程专业知识对复杂生物工程设备问题分析后的解决方案仅能解决一般工程问题，技术语言合规性一般。	运用生物工程专业知识对复杂生物工程设备问题分析后的解决方案不能解决一般工程问题，技术语言合规性差。	没有提交解决方案或抄袭他人方案。

注：课程目标 3 总分为表 3 中两个考核环节分值之和，总分 16 分。

Table 4. Scoring rubric for course objective 4
表 4. 课程目标 4 评分标准

考核 环节	分 值	评分标准				
		优(90~100)	良(80~89)	中(70~79)	及格(60~69)	不及格(<60)
设计 说明书	10 分	能非常准确辨别和分析生物工程设备系统设计中涉及的标准规范、知识产权、法律法规、产业政策和社会文化，并能提出自己独到的见解。	能较准确辨别和分析生物工程设备系统设计中涉及的标准规范、知识产权、法律法规、产业政策和社会文化，所提出的见解水平较高。	不能准确辨别和分析生物工程设备系统设计中涉及的标准规范、知识产权、法律法规、产业政策和社会文化，所提出的见解水平差。	生物工程设备系统设计中涉及的标准规范、知识产权、法律法规、产业政策和社会文化部分不能辨别和分析，对其理解错误很多，没有自己的见解。	没有提交设计成果或抄袭他人成果。

Table 5. Scoring rubric for course objective 5
表 5. 课程目标 5 评分标准

考核 环节	分 值	评分标准				
		优(90~100)	良(80~89)	中(70~79)	及格(60~69)	不及格(<60)
设计 说明书	10 分	对生物工程设备系统设计方案的全生命周期影响分析非常准确，方案制约因素评价非常客观，对工程师伦理责任与风险防控理解非常深刻。	对生物工程设备系统设计方案的全生命周期影响分析较准确，方案制约因素评价较客观，对工程师伦理责任与风险防控理解较深刻。	对生物工程设备系统设计方案的全生命周期影响分析存在一定错误，方案制约因素评价不客观，对工程师伦理责任与风险防控理解不深刻。	对生物工程设备系统设计方案的全生命周期影响分析错误较多，方案制约因素评价错误，对工程师伦理责任与风险防控理解错误。	没有提交设计成果或抄袭他人成果。

课程目标 1、2 考核标准参考课堂测试和期末考试评分标准执行。

新教学大纲突破了传统课程评价偏重知识掌握的低阶能力局限，转而以能力指标为基准、以成果产出为导向，系统构建了强调能力评价的环节考核标准。

5. 结论

构建符合工程教育专业认证标准的教学大纲，是保障教学质量与人才培养成效的核心基础。它不仅有助于学生深化对理论知识的系统掌握，更能够强化其解决复杂生物工程问题的能力、创新思维及综合素养。本文以《生物工程设备》课程为例，从课程目标、教学方法与考核评价三方面推进了教学大纲的改革，旨在为生物工程专业同类课程教学大纲修订提供借鉴。

基金项目

长沙理工大学教学研究改革项目(XJG24-032)；湖南省教育厅项目(HNJG-20230361)；湖南省普通本科高校教学改革研究项目(HNJG-20230360)。

参考文献

[1] Mahrishi, M., Ramakrishna, S., Hosseini, S. and Abbas, A. (2025) A Systematic Literature Review of the Global Trends of Outcome-Based Education (OBE) in Higher Education with an SDG Perspective Related to Engineering Education. *Discover Sustainability*, 6, Article No. 620. <https://doi.org/10.1007/s43621-025-01496-z>

[2] 李志义, 赵卫兵. 我国工程教育认证的最新进展[J]. 高等工程教育研究, 2021(5): 39-43.

[3] 阮芳涛, 王洪杰, 徐文正, 等. 工程教育背景下纺织工程专业“高分子化学与物理”课程建设探索[J]. 纺织服装教育, 2024, 39(5): 35-40.

-
- [4] 胡乃宝, 胡西厚, 张玉丽, 等. 基于 OBE 理念的教学大纲设计——以预防医学专业《卫生统计学》课程为例[J]. 中国卫生统计, 2025, 42(1): 129-131.
 - [5] 陈宸. 基于工程教育认证及 OBE 理念的专业核心课程改革[J]. 湖北工业职业技术学院学报, 2025, 38(3): 81-84.
 - [6] 孙建瑞, 马金亮, 张杰, 等. 一流课程建设背景下生物工程设备混合式教学改革探索与实践[J]. 河南化工, 2023, 40(5): 52-53.
 - [7] 李志义. 中国工程教育专业认证的最后一公里[J]. 高教发展与评论, 2020, 36(3): 1-13.