



高校教改纵横

基于工程教育认证的“发酵工程”课程教学设计与实践

赵晶¹ 朴永哲¹ 权春善¹ 陈明^{*2}

1 大连民族大学生命科学学院 辽宁 大连 116600

2 大连工业大学生物工程学院 辽宁 大连 116034

摘要: “发酵工程”是生物工程专业的核心主干课程, 实践性和应用性较强。基于工程教育认证的产出导向理念, 设定了“发酵工程”合理具体的课程目标, 聚焦学生的工程知识掌握及问题分析、工程设计及研究能力培养。针对不同课程内容模块, 以课程目标达成为导向, 对教学内容及方法、教学设计与实施过程进行整合并优化, 采用了多元化、注重课程形成性评价的考核方式。构建了课程目标达成评价模式, 形成了“设计—实施—考核—评价—改进”闭环运行的课程质量保障体系。课程教学改革有效提高了学生理解、分析、设计、研究发酵工程问题的能力, 增强了学生的科研兴趣 and 创新能力。

关键词: 发酵工程, 产出导向, 课程目标, 课程改革

Teaching design and practice of Fermentation Engineering based on Engineering Education Accreditation

ZHAO Jing¹ PIAO Yongzhe¹ QUAN Chunshan¹ CHEN Ming^{*2}

1 College of Life Science, Dalian Minzu University, Dalian, Liaoning 116600, China

2 School of Biological Engineering, Dalian Polytechnic University, Dalian, Liaoning 116034, China

Abstract: Fermentation Engineering is a core course with strong practicality and applicability of Bioengineering. Based on outcome-based education (OBE) concept of Engineering Education Accreditation, reasonable and specific course objectives of Fermentation Engineering were formulated, focusing on training students' engineering knowledge, problem analysis, engineering design and research ability. Aiming at the achievement of course objectives, the teaching content, methods, design and implementation of different content modules were integrated and optimized, and diversified assessment methods were adopted focusing on formative evaluation of the course. The evaluation model of course objectives achievement was constructed and a closed-loop course quality assurance system of Design-Implementation-Assessment-Evaluation-Improvement was formed. The teaching reform effectively improved students' ability to understand, analyze, design and study fermentation engineering

Foundation items: Teaching Reform Research Project of Higher Education in Liaoning Province (2018471); Project of Educational and Teaching Reform of Dalian Minzu University (YB2019037, ZB201905); First-Class Undergraduate Major Construction Project of Bioengineering of Dalian Minzu University

***Corresponding author:** Tel: 86-411-86323291; E-mail: chenming@dlpu.edu.cn

Received: 06-05-2020; **Accepted:** 22-05-2020; **Published online:** 23-07-2020

基金项目: 辽宁省普通高等教育本科教学改革研究项目(2018471); 大连民族大学本科教育教学改革研究与实践项目(YB2019037, ZB201905); 大连民族大学生物工程一流本科专业建设项目

***通信作者:** Tel: 0411-86323291; E-mail: chenming@dlpu.edu.cn

收稿日期: 2020-05-06; **接受日期:** 2020-05-22; **网络首发日期:** 2020-07-23

problems, also enhanced students' scientific interest and innovation ability.

Keywords: Fermentation Engineering, outcome-based education, course objectives, course reform

《华盛顿协议》是工程教育本科专业认证的国际互认协议, 1989 年由美国、英国等 6 个国家发起并签订, 旨在通过对工程教育专业进行标准化认证, 实现本科工程学历的国际互认, 现已成为国际工程师互认体系中最具权威性的认证标准^[1]。我国于 2016 年正式加入《华盛顿协议》^[2]。工程教育认证标准坚持“以学生为中心、产出导向(Outcome-Based Education, OBE)、持续改进”的核心理念, 基于培养目标和毕业要求的产出设计、实施和评价教育教学活动, 以确保毕业生达到工程教育质量标准^[3]。课程是专业实施人才培养的主要载体, 课程教学质量对人才培养质量起到决定性的作用。遵循专业认证 OBE 理念的课程教学, 是参加工程教育认证的基本前提, 也是提升工程人才培养质量的重要途径^[4]。

发酵工程是采用现代工程技术手段, 利用微生物的某些特定功能, 为人类生产有用的产品, 或直接把微生物应用于工业生产过程的一种技术^[5]。“发酵工程”是生物工程专业的核心课程, 其内容涉及微生物学、生物化学等生物学知识和化工原理、工程制图等工程学技术, 理论和实践紧密结合, 与生物技术产业化密切相关, 在食品酿造、生物化工、生物制药等领域应用广泛^[6-7], 在生物工程专业课程体系中占有十分重要地位, 其教学质量对生物工程专业应用型人才培养至关重要^[8]。大连工业大学生物工程专业以培养生物工程领域特别是发酵行业工程技术人才为目标, 专业特色鲜明, 现已通过工程教育认证, “发酵工程”课程积累了较丰富的教学经验。大连民族大学生物工程专业“发酵工程”课程结合本专业人才培养特点, 借鉴大连工业大学教学经验, 将 OBE 理念运用于课程教学中, 取得了较好的成效, 本文进行了总结, 以期对生物工程专业课程教学改革提供借鉴和参考。

1 基于工程教育认证 OBE 理念的课程教学思路

课程教学理念和思路的合理性与科学性, 对于课程教学质量具有决定性作用。传统的课程教学多注重以课程知识为导向(Course-Based Education, CBE), 授课教师比较关注课程的独立性和课程自身知识体系的系统性, 以教学内容为核心, 对于课程在课程体系中的地位及专业人才培养中的作用往往缺乏深入思考, 导致课程定位不明确、课程教学设计缺乏针对性和有效性, 课程教学质量整体不高。

基于工程教育认证 OBE 理念的课程教学思路(图 1)强调产出导向, 体现在以下 2 个层次: (1) 课程目标以毕业要求(即学生毕业时的学习产出)为导向, 根据课程承担的产出任务(即毕业要求指标点)来设计课程目标; (2) 所有课程教学环节(设计、实施、考核、评价)均围绕课程目标(即学生的课程预期学习成果)进行, 并基于课程目标达成短板进行持续改进。可见, OBE 理念的课程教学思路逻辑严密, 课程在人才培养中的定位明确, 课程承担的产出任务清晰^[9]。这种 OBE 理念的反向教学设计科学合理, 能有效地支撑学生各方面能力素质的培养, 因此我们基于 OBE 理念的课程教学思路, 开展了“发酵工程”课程的教学改革与实践。

2 基于 OBE 理念的“发酵工程”课程教学

2.1 基于课程产出任务的“发酵工程”课程目标设计

“发酵工程”课程涉及菌种、微生物代谢、培养基、发酵设备、灭菌、过程控制、清洁生产等多方面内容, 知识点多、实践性强^[7]。传统教学中设定的课程目标过于笼统, 不够清晰合理, 没有明确学生应该取得哪些学习成果, 导致学生往往不清楚学习这门课程的作用, 不知道应该具体掌握哪些知

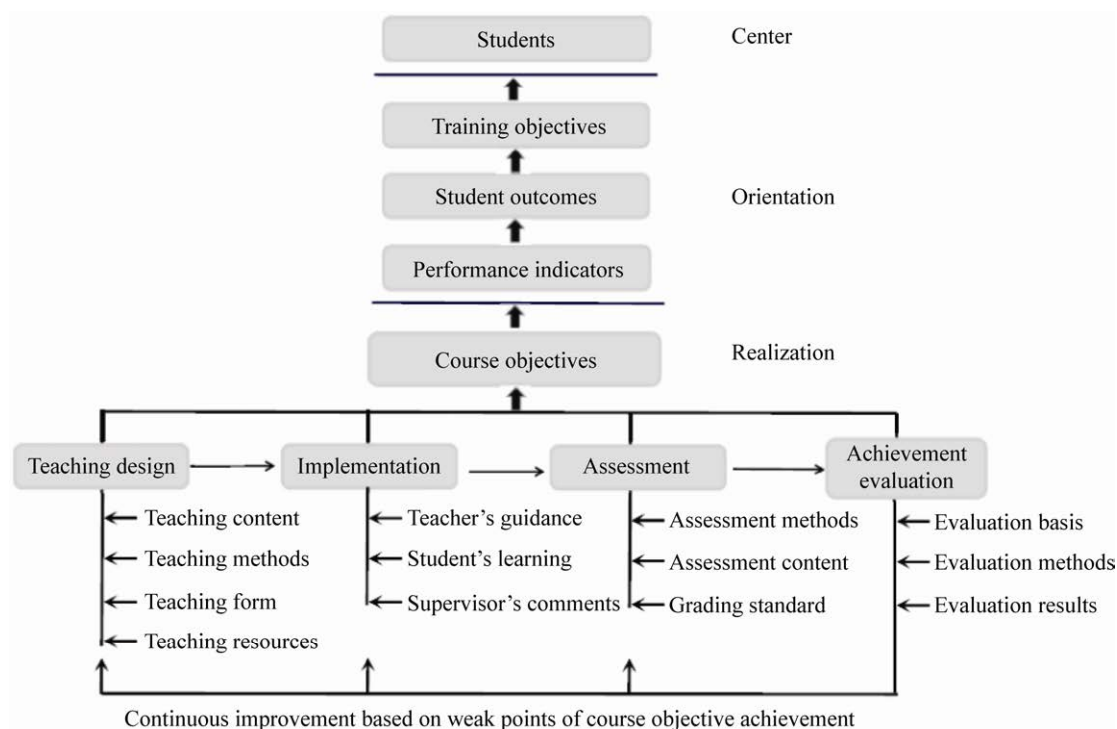


图1 基于工程教育认证 OBE 理念的课程教学思路

Figure 1 Design of course teaching based on Engineering Education Accreditation OBE concept

识和能力。因此,我们遵循 OBE 理念的课程教学设计思路,基于课程支撑的毕业要求指标点来设定“发酵工程”课程目标。根据本专业课程体系对毕业要求的支撑矩阵,明确“发酵工程”课程共支撑了“1. 工程知识”“2. 问题分析”“3. 设计/开发解决方案”“4. 研究”“7. 环境和可持续发展”等 5 项毕业要求,具体支撑了毕业要求指标点 1.3、2.1、3.2、4.3 和 7.2 (表 1),通过对“发酵工程”课程内涵和这 5 个指标点之间的内在关联性分析,按照课程目标和指标点一一对应的原则,设计了“发酵工程”的 5 个课程目标(表 1),从而明确了学生通过该课程学习应具备的发酵工程知识及发酵过程分析、设计、研究、清洁生产方面的具体能力,为教师授课和学生学习指明了目标和方向。

2.2 基于课程目标达成的“发酵工程”课程教学设计

课程目标的达成需要通过有效组织和实施课程教学来实现,此时就凸显出课程教学设计的重要

性。科学、合理、有效的课程教学设计,不仅有助于授课教师厘清教学思路,选取适当的教学内容和教学方法,还能够激发学生的学习兴趣,增强学生主动学习的意识,让学生自觉成为学习的主体,促进课程目标的高质量达成^[4]。因此,我们基于表 1 中的课程目标对“发酵工程”课程教学内容、教学方法等进行了设计。

OBE 理念的教学内容设计,与 CBE 理念不同,不再强调课程的独立性和课程知识体系的系统性,不再受限于教材章节,也不再是以教学内容为核心,而是立足于课程目标达成来灵活设计课程内容,同时考虑到课程之间的关联性,避免相同内容重复学习^[9]。基于课程目标达成的“发酵工程”教学内容设计如图 2 所示,明确了具体的教学内容对各课程目标的支撑。以课程目标 3 为例,该目标要求学生具备发酵过程的单元设计及系统设计能力,属于在知识层次之上的更高能力层次,也是目前普遍存在的学生能力短板。为支撑目标 3 的达成,我们

表 1 基于课程产出任务的“发酵工程”课程目标设计
Table 1 Design of course objectives of Fermentation Engineering based on course outcome

“发酵工程”课程支撑的毕业要求指标点 Performance indicators supported by Fermentation Engineering	“发酵工程”课程目标 Course objectives of Fermentation Engineering
1.3 能够将生物工程专业知识用于识别、理解和评价生物工程的技术、工艺与生产 1.3 Ability to use bioengineering expertise to identify, understand and evaluate bioengineering technologies, processes and production	1 理解微生物代谢产物生物合成知识及利用发酵技术获得发酵产品的原理和方法 1 Ability to understand principles and methods of biosynthesis of microbial metabolites and to obtain products using fermentation technology
2.1 能够根据生物工程专业知识、原理和技能识别和判断生物工程产品研发及生产过程的关键环节和参数 2.1 Ability to identify and determine the key steps and parameters of bioengineering product development and production processes based on bioengineering expertise, principles and skills	2 能够识别和判断发酵过程优化和控制、发酵产品质量控制的关键环节和主要控制参数 2 Ability to identify and determine the key steps and parameters of fermentation process optimization and control, product quality control
3.2 能够熟悉生物工程过程的系统特性、单元操作过程及工艺流程, 针对生物产品制造过程的特定需求设计工艺流程 3.2 Ability to be familiar with system characteristics, unit operation and overall bioengineering process, and design the process according to the specific needs of the bioproduct manufacturing process	3 能够针对发酵产品生产需求进行菌种选育及扩培流程设计、培养基优化、发酵设备设计、发酵工艺总体设计等 3 Ability to perform strain selection and expansion process design, medium optimization, fermentor design, overall design of fermentation process, etc. according to the manufacturing needs of fermentation products
4.3 能够根据生物工程专业知识、文献调研、实验结果分析及信息综合, 获得合理有效的结论 4.3 Able to obtain reasonable conclusions based on bioengineering knowledge, literature research, experimental results analysis and comprehensive information	4 能够基于发酵工程专业知识和文献调研制定实验方案, 开展发酵实验研究, 并基于实验结果分析及信息综合获得有效结论 4 Ability to formulate experimental plans and carry out fermentation experiments based on expertise and literature review, and obtain effective conclusions based on experimental results analysis and comprehensive information
7.2 能够认识和评价生物工程生产实践中涉及的菌种、产品、三废物质等对人类健康和环境造成的影响 7.2 Ability to recognize and evaluate the impact of the bacteria, products, wastes materials, etc. involved in bioengineering production practices on human health and the environment	5 能够认识和评价发酵行业生产实践中涉及的基因工程菌、产品、三废物质等对人类健康和环境造成的影响, 熟悉发酵过程的清洁生产方法 5 Ability to recognize and evaluate the impact of genetically engineered bacteria, products, wastes, etc. involved in the fermentation production practice on human health and the environment, familiar with the clean production methods of the fermentation process

设计了菌种选育流程设计、空气除菌流程设计、发酵设备选型及放大设计、菌种扩大培养流程设计、培养基设计及优化、发酵产品整体工艺流程设计等内容, 由点到面地逐步培养并强化学生工程设计意识和能力。同时, 我们还将课程内容模块化, 分为发酵菌种、培养基、发酵设备、灭菌与除菌、发酵动力学、发酵过程工艺控制、发酵与环保等 7 个内容模块, 打破教材章节的限制, 便于学生对课程内容的整体把握, 厘清学习思路。在教学内容选取上, 与其他课程内容交叉重复之处不再学习, 例如“微生物学”课程已学习过“菌种的衰退、复壮与保藏”和“微生物的营养与培养基”等内容, 本课程不再赘

述, 而把授课内容侧重点放在“工业微生物菌种的选育”“菌种扩培与质量控制”“发酵工业原料处理及培养基设计”等方面。另外, “发酵液预处理及发酵产物提取与精制”在“生化分离工程”课程中学习, 本课程不再展开。

教学方法、形式和资源是向学生传递教学内容的有效载体^[4]。针对“发酵工程”教学内容中理论知识和工程实践难点, 尤其要合理选择和设计教学方法、形式和资源, 才能精准施策, 便于课程目标顺利达成。因此, 我们基于对“发酵工程”教学内容的难易分析及往届学生的学习反馈, 确定了影响各课程目标达成的部分难点问题以及针对性的教学方

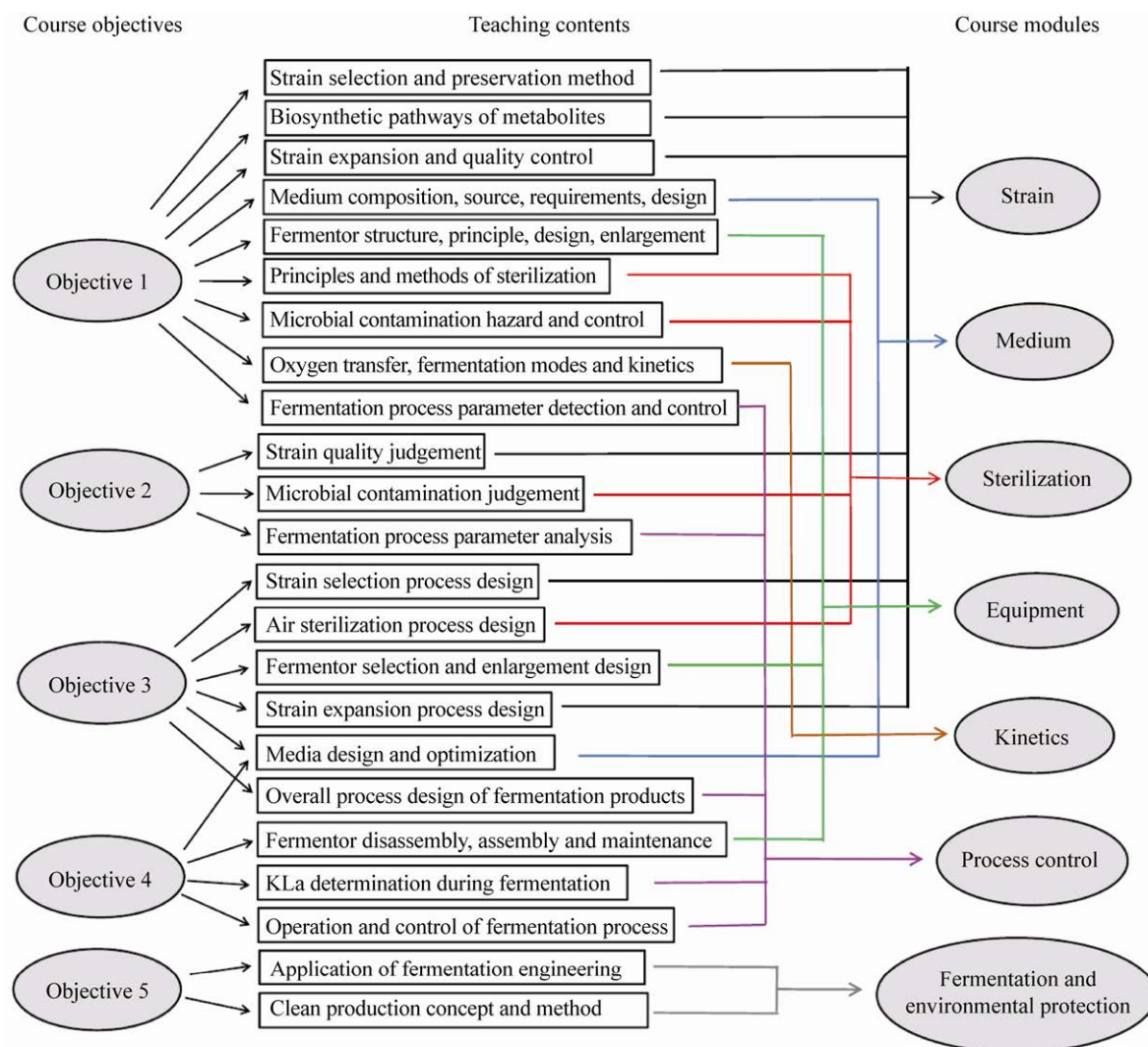


图2 基于课程目标达成的“发酵工程”课程教学内容设计

Figure 2 Design of teaching contents for Fermentation Engineering based on course objectives achievement

法、形式和资源(表2),教学方法采用了更直观、更贴近生产实践的视频、虚拟仿真、案例等,并将理论授课、实验和小设计等有机融合;课程资源引入了虚拟仿真平台和慕课等优质资源,力求通过丰富多样的形式和手段更好地促进学生达成课程目标。例如,“发酵罐的结构及操作原理”是课程目标1达成的难点,由于发酵罐的结构比较复杂,过去采用的课堂讲授很难让学生对发酵罐的三维空间结构产生直观的印象,而对应的实验操作与理论讲授环节不同步,导致学生对该部分内容的学习效果较差,对发酵罐的结构不能形成系统性的认知,难以

理解和掌握其操作原理和操作流程。针对此问题,我们重新整合并设计了教学资源 and 教学方法,课堂讲授时结合观看发酵罐结构和工作原理的相关视频,让学生对发酵罐的整体构造和操作原理先产生直观认知,然后组织学生利用“发酵罐3D虚拟仿真软件”进一步学习巩固,学生需在软件上完成虚拟仿真操作并通过考核,最后再进入实验平台利用5 L和15 L机械搅拌通风发酵罐分组完成“发酵罐拆卸与检修”实验,通过循序渐进、虚实结合的教学设计,让学生近距离、多方位理解发酵设备结构及相应操作。

表 2 基于“发酵工程”课程目标达成难点的教学方法、教学形式及教学资源设计
Table 2 Design of teaching methods, teaching forms and teaching resources based on difficulties in course objectives achievement of Fermentation Engineering

课程目标 Course objectives	目标达成的难点 Difficulties in course objectives achievement	教学方法 Teaching methods	教学形式 Teaching forms	教学资源 Teaching resources
目标 1 Objective 1	发酵罐结构及操作原理 Fermentor structure and operation principle	讲授、视频、虚拟仿真、实验 Teaching, video, virtual simulation, experiment	班级授课、个人自学、分组教学 Class teaching, self-study, group teaching	视频、虚拟仿真软件、实验平台 Video, virtual simulation software, experiment platform
	发酵动力学 Fermentation kinetics	讲授、案例、作业 Teaching, case analysis, assignment	班级授课、个人自学 Class teaching, self-study	案例、慕课 Case, MOOC
	杂菌污染识别及判断 Microbial contamination judgement	讲授、案例、研讨 Teaching, case analysis, discussion	班级授课 Class teaching	案例 Case
目标 2 Objective 2	发酵过程参数分析 Fermentation process parameter analysis	讲授、虚拟仿真、实验 Teaching, virtual simulation, experiment	班级授课、分组教学 Class teaching, group teaching	虚拟仿真软件、实验平台 Virtual simulation software, experiment platform
	菌种选育流程设计 Strain selection process design	案例、小设计 Case analysis, small design task	班级授课、个人自学 Class teaching, self-study	案例、慕课、文献数据库 Case, MOOC, literature database
	发酵罐选型及放大设计 Fermentor selection and enlargement design	讲授、虚拟仿真、小设计 Teaching, virtual simulation, small design task	班级授课、个人自学 Class teaching, self-study	虚拟仿真软件、慕课 Virtual simulation software, MOOC
目标 3 Objective 3	发酵工艺流程设计 Fermentation process design	讲授、案例、小设计 Teaching, case analysis, small design task	班级授课、个人自学 Class teaching, self-study	案例、文献数据库 Case, literature database
	发酵过程 KLa 测定 KLa determination during fermentation	讲授、实验 Teaching, experiment	班级授课、分组教学 Class teaching, group teaching	实验平台、慕课 Experiment platform, MOOC
	发酵过程操作与控制 Operation and control of fermentation process	讲授、虚拟仿真、实验 Teaching, virtual simulation, experiment	班级授课、分组教学 Class teaching, group teaching	实验平台、虚拟仿真软件 Experiment platform, virtual simulation software
目标 4 Objective 4	清洁生产的方法 Clean production methods	案例、研讨 Case analysis, discussion	班级授课、个人自学 Class teaching, self-study	案例、慕课 Case, MOOC

2.3 基于课程目标达成的“发酵工程”课程教学实施

教学实施是达成课程目标的执行环节。传统的“发酵工程”教学实施中，由于缺乏清晰的课程目标与合理的教学设计，教师处于教学主体地位，以知识传授为主，实施路径相对单一，学生积极性差、接受度低，教学效果欠佳。明确课程目标后，我们按照图 3 改进了“发酵工程”教学实施，根据 7 个内容模块之间的逻辑关系实施渐进式教学。以“发酵过程工艺控制”模块为例，为更好地达成该模块对应的 4 个课程目标(图 2),我们安排了以下教学实施

过程：先进行理论授课，将目标 1 对应的“发酵过程参数检测及过程控制技术”和目标 2 对应的“发酵过程参数分析”进行系统清晰的讲授；授课结束后即安排学生现场理解发酵参数检测电极的构造及使用原理，并观察发酵设备管线，结合前面学过的培养基配制及灭菌、接种等内容，厘清发酵设备连接管线和阀门，绘制发酵设备管线图纸，对“发酵产品整体工艺流程设计”(目标 3)及“发酵过程操作与控制”(目标 4)先建立初步认识；随后给学生提供不同的开放性实验项目进行选择，包括谷氨酸发酵、蛋白酶发酵生产、酵母培养等，要求学生自行

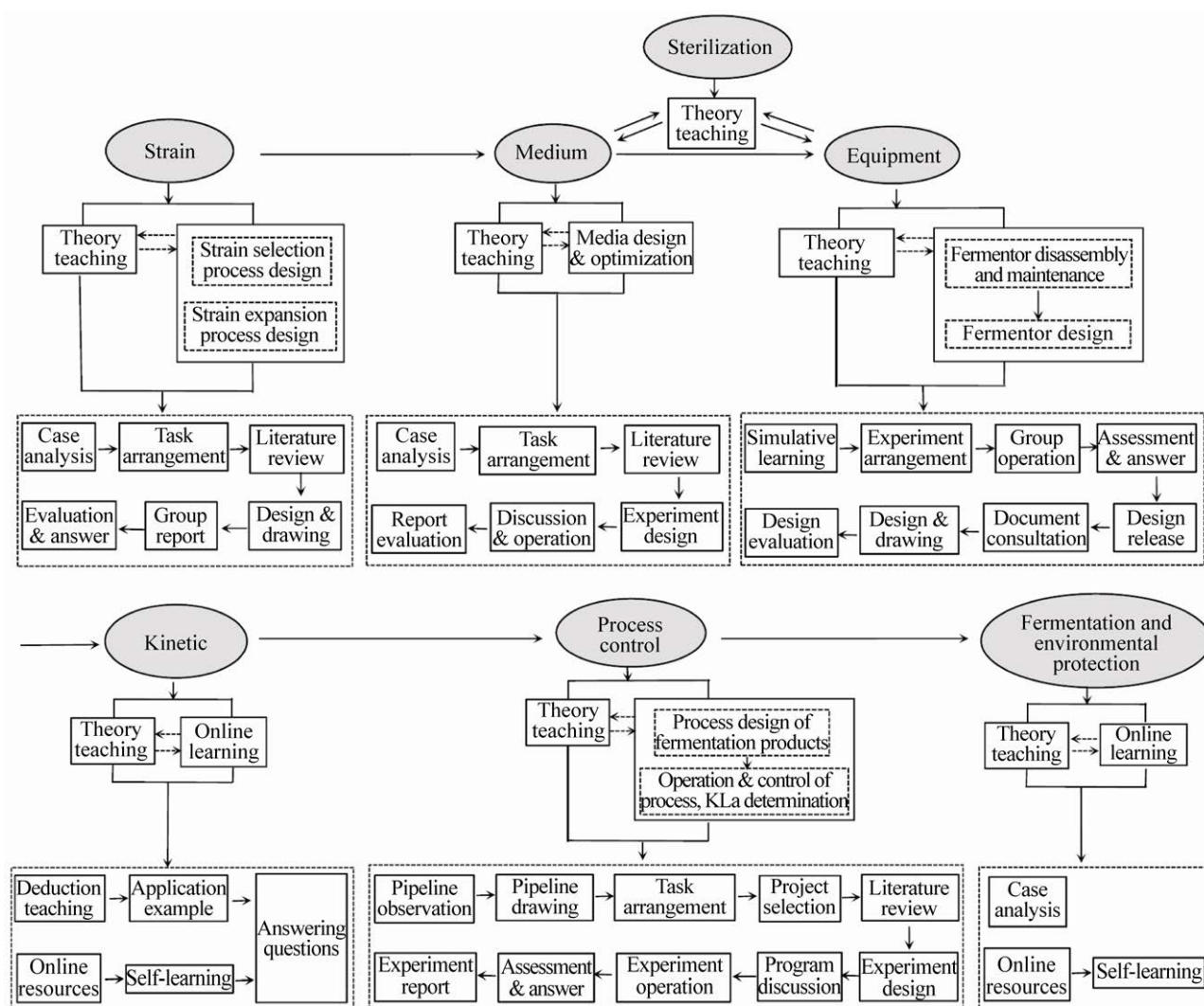


图3 基于课程目标达成的“发酵工程”课程教学实施

Figure 3 Teaching implementation of Fermentation Engineering based on course objectives achievement

查阅文献,对整个发酵工艺流程进行具体设计,并对所选项目的发酵过程工艺控制操作要点进行深入思考;指导教师和分组学生进行方案讨论,并组织学生按照设计方案进行实验,根据学生对发酵参数变化的实时反应、分析、操作和实验报告进行考核。在整个教学实施过程中,强化学生的主体地位,注重引导、激励学生主动思考和积极探索,促进学生更好地达成4个课程目标。

2.4 基于课程目标的“发酵工程”课程学习考核

“发酵工程”以往考核方式较为单一传统,欠缺

对知识理解、分析、应用等深层次能力考核,为了更全面地检查教学产出,我们围绕课程目标对“发酵工程”课程考核进行如下改革:采用多元化考核方式,包括期末考试、作业、案例分析讨论、项目设计、实验和虚拟仿真操作,针对课程目标设计考核内容并细化评分标准。课程考核由理论考核、实验考核2部分组成,其中理论考核环节期末考试成绩占70%、平时成绩(包括作业、项目设计、案例分析讨论)占30%,实验考核环节综合性实验成绩占75%、虚拟仿真操作成绩占25%。为全面、客观考

查各课程目标的达成情况, 我们对应教学实施的分解步骤开展过程考核。例如在综合性实验的考核中, 以预习报告(成绩占比 20%)、过程操作(成绩占比 40%)、实验报告(成绩占比 40%)作为评分依据, 其中预习报告依据查阅文献完成情况、理解程度及实验方案设计合理性进行评定, 过程操作依据实际操作能力、对问题的讨论及解决情况进行评定, 实验报告依据过程记录、数据处理、结果分析讨论进行评定。又如在项目设计考核中, 针对与课程目标 3 相对应的“菌种扩大培养流程设计”和“发酵设备设计”等教学内容, 我们布置了“批次产 15 t 鲜酿酒酵母工艺设计”和“批次产 5×10^4 L 青霉素发酵液工艺设计”, 让学生通过文献查阅、分组讨论来设计工艺流程, 要求学生确定酵母扩培级数、每级扩培接种量、培养条件及培养时间, 计算每级培养的设备数量、体积、主要尺寸, 并绘制工艺流程示意图, 撰写设计说明书, 围绕课程目标, 我们对学生的发酵工艺设计能力、图纸绘制能力、

设备设计能力进行考核, 以设计说明书(成绩占比 40%)、工艺流程图(成绩占比 20%)、项目汇报(成绩占比 40%)作为评分依据。

2.5 “发酵工程”课程目标达成评价模式的构建

OBE 理念下的课程教学是否实现了既定的课程目标、完成了课程承担的产出任务, 需要通过课程目标达成评价予以判定^[9], 因此只有构建科学、合理的课程目标达成评价路径与模式, 才能客观判定课程目标完成情况。基于此, 我们以学生学习产出为评价依据, 构建了“发酵工程”课程目标达成定量评价模式(图 4)。由专业负责人、督导、课程组和授课教师共同组成评价责任人, 首先由专业负责人和督导评判评价依据是否合理, 具体体现为: 是否严格针对课程目标设定了考核内容及合理的对应比例; 考核方式是否能真实全面反映学生的学习成果; 评分标准是否详细具体。基于合理的评价依据, 课程组和授课教师统计学生样本各课程目标的成绩数据, 计算课程目标达成度, 并对目标达成短板

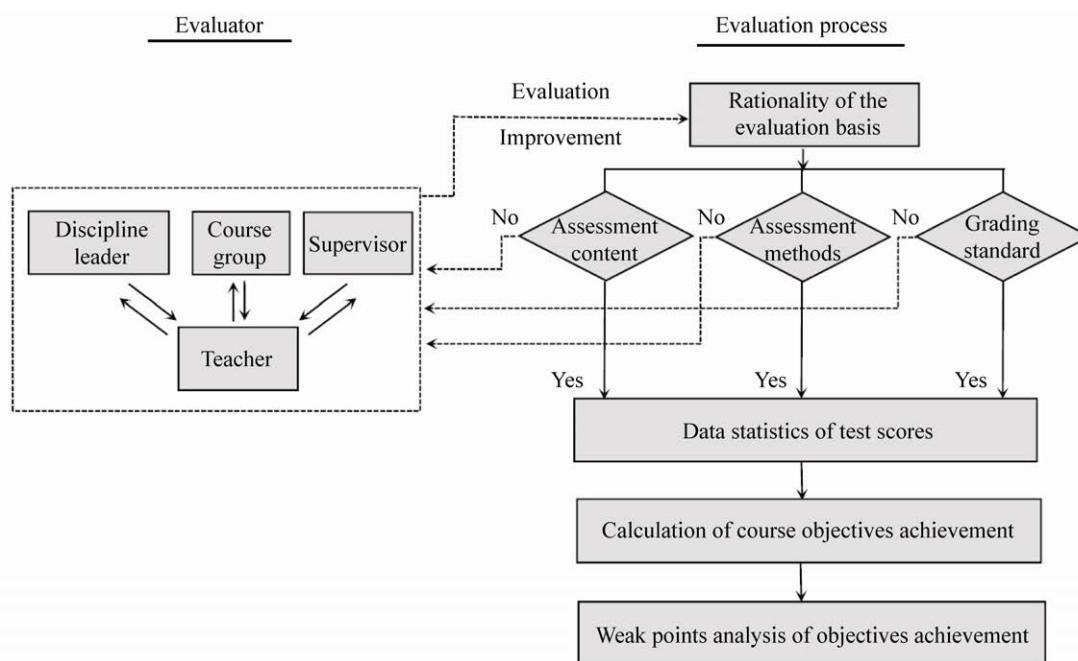


图 4 “发酵工程”课程目标达成评价模式

Figure 4 Evaluation model of course objectives achievement of Fermentation Engineering

进行深入分析,提出针对性措施,并在下一轮课程教学中持续改进。我们对生物工程专业 2015 级学生“发酵工程”课程进行了目标达成评价,各课程目标的评价值均在目标期望值 0.70 以上,实现了既定目标,能够有效支撑对应的毕业要求指标点。其中课程目标 3 是达成短板,因此我们在后续教学中增加了课程目标 3 对应的教学内容学时比例,针对课程目标 3 的内容难点改进了教学方法(表 2),优化了教学实施过程(图 3),并强化了对该目标的过程性考核(2.4),进一步提高了学生的发酵工程设计能力,初步建立并运行了课程目标达成评价和持续改进模式。

3 “发酵工程”课程改革成效分析

我们践行工程教育认证 OBE 理念的“发酵工程”课程改革,取得了如下成效:(1) 设定了合理具体的课程目标,充分体现产出导向,明确了“发酵工程”课程在生物工程专业人才培养中的作用和地位;(2) 聚焦学生的学习产出,重新整合并优化了教学内容和教学方式,建立了丰富多样的教学资源库,为学生梳理出清晰的知识脉络,构建了有效的实施途径和合理的考核体系,阶段性的任务布置和考核明显提高了学生的课程参与度及学习主动性;(3) 建立了针对目标达成的课程质量评价模式,形成了“设计—实施—考核—评价—改进”闭环运行的课程质量保障体系。

在课程结束后的“学评教”环节收到学生较好的评价和反馈,近 2 年学生评分均达到 90 分以上,学生对改革后的课程教学满意度较高。在毕业设计(论文)环节中可以看出学生理解、分析、设计、研究发酵工程问题的能力均得到了有效提高。“发酵工程”课程改革还增强了学生的科研兴趣和创新能力,在近 2 年的大学生创新训练立项项目中,与发酵工程密切相关项目共 10 项,项目涉及发酵菌种选育、益生菌产品开发、发酵过程优化、重组蛋白

发酵表达、酶制剂生产等。“发酵工程”课程改革获批校级本科教学改革项目,为本专业其他课程教学改革提供了借鉴,有效助力专业建设,大连民族大学生物工程专业获批国家级一流本科专业建设点,入选工程教育认证申请受理专业名单。

“发酵工程”课程改革实践中目前还存在需要改进的问题,如过程性考核成绩占比不高,课程目标达成评价实施过程不够完善等。针对上述问题还需要持续改进:(1) 进一步增加过程考核的成绩比例,更全面客观地评价学生的学习产出情况;(2) 加强与学院督导组沟通交流,使课程评价依据更为合理有效;(3) 及时关注并获取学生对教学资源利用、课程目标达成的反馈及评价,持续改进教学实施。

REFERENCES

- [1] Yao T, Wang H, She YG. Research on higher engineering education accreditation: based on the Washington Accord[J]. University Education Science, 2014, 4(4): 28-32 (in Chinese)
姚韬, 王红, 余元冠. 我国高等工程教育专业认证问题的探究: 基于《华盛顿协议》的视角[J]. 大学教育科学, 2014, 4(4): 28-32
- [2] Liu QH, Feng Y. Professional innovation and practice based on certification paradigm[J]. China University Teaching, 2017(8): 64-67 (in Chinese)
刘秋华, 冯奕. 基于认证范式下的专业创新与实践[J]. 中国大学教学, 2017(8): 64-67
- [3] Yang YG, Song Q, Tang H. Research on the similarities and differences between engineering education accreditation and CDIO mode[J]. Research in Higher Education of Engineering, 2018(5): 45-51 (in Chinese)
杨毅刚, 宋庆, 唐浩. 工程教育专业认证与 CDIO 模式异同分析与相互借鉴[J]. 高等工程教育研究, 2018(5): 45-51
- [4] Shi XQ. Design and implementation of course teaching based on the concept of outcome-based education[J]. Research in Higher Education of Engineering, 2018(5): 154-160 (in Chinese)
施晓秋. 遵循专业认证 OBE 理念的课程教学设计与实施[J]. 高等工程教育研究, 2018(5): 154-160
- [5] Huang Y, Deng DM, Liao CY, Zhao DL, Sun YF, Yi Y.

- Teaching reform and practice of cultivating backup outstanding engineers in fermentation engineering[J]. Microbiology China, 2019, 46(5): 1220-1225 (in Chinese)
- 黄瑶, 邓冬梅, 廖春燕, 赵东玲, 孙宇飞, 易弋. 培养发酵工程卓越工程师后备人才的教学改革与实践[J]. 微生物学通报, 2019, 46(5): 1220-1225
- [6] He F, Xiang J, Fang YP, Xu C, Xiang F. Research and application of Fermentation Engineering teaching method on a factory production scale aimed at practice ability training[J]. Microbiology China, 2018, 45(3): 642-647 (in Chinese)
- 何峰, 项俊, 方元平, 徐春, 向福. 以能力培养为导向的基于工厂化生产实践指导的“发酵工程”教学研究与应用[J]. 微生物学通报, 2018, 45(3): 642-647
- [7] An DD, Zeng XC, Zhang R, Nurgul R, Zhang W. Exploration and practication of a stereoscopic system on Fermentation Engineering course[J]. Microbiology China, 2014, 41(7): 1443-1447 (in Chinese)
- 安登第, 曾献春, 张瑞, 努尔古丽·热合曼, 张伟. 发酵工程课程的立体化教学探索与实践[J]. 微生物学通报, 2014, 41(7): 1443-1447
- [8] Ren XL, Zhao RZ, Liang BH. Curriculum teaching reform and its practice of Fermentation Engineering course[J]. Microbiology China, 2011, 38(1): 127-130 (in Chinese)
- 任晓莉, 赵润柱, 梁保红. 发酵工程课程的教学改革与实践[J]. 微生物学通报, 2011, 38(1): 127-130
- [9] Yan YX, Su GJ, Mo BL, Zhang XZ, Jiang CJ. Reform and practice in Microbial Engineering Technology and Equipment teaching based on outcome-based education theory[J]. Microbiology China, 2020, 47(4): 1011-1018 (in Chinese)
- 阎欲晓, 粟桂娇, 莫柏立, 张锡贞, 蒋承建. 基于成果导向教育理念的“微生物工程工艺与设备”课程教学改革与实践[J]. 微生物学通报, 2020, 47(4): 1011-1018

编辑部公告**邀请您关注《微生物学通报》公众微信号**

为了更好地与读者、作者、审稿专家和编委朋友们及时沟通、方便服务,《微生物学通报》已开通公众微信服务号。作者通过微信能及时收到稿件各流程通知,第一时间了解稿件进程并及时处理;审稿专家和编委可通过微信及时收到审稿邀请,还可通过手机审稿;读者通过微信可了解《微生物学通报》文章目录,查找阅读感兴趣的文章。

关注办法:

- 1、在微信公众号搜索“微生物学通报”或“wswxtb”;
- 2、用微信扫右边二维码:

