

地方工科特色本科院校“发酵工程”一流课程的建设探索

程波*, 靳晓芸, 卢洋, 江南, 胡国元, 赵喜红

武汉工程大学环境生态与生物工程学院, 湖北 武汉 430205

程波, 靳晓芸, 卢洋, 江南, 胡国元, 赵喜红. 地方工科特色本科院校“发酵工程”一流课程的建设探索[J]. 微生物学通报, 2024, 51(4): 1340-1354.

CHENG Bo, JIN Xiaoyun, LU Yang, JIANG Nan, HU Guoyuan, ZHAO Xihong. Development of the first-class undergraduate course Fermentation Engineering in local engineering colleges[J]. Microbiology China, 2024, 51(4): 1340-1354.

摘要: 发酵工程是一门以培养服务于生物发酵工业企业, 具有较强的实践能力、创新思维和工程师精神的工程化人才为目标, 涉及知识广泛, 学科发展迅速, 与实际生产结合紧密的工科特色课程。经过 4 年混合教学模式改革的探索, 我们围绕工程化人才培养的短板和难点, 对标“两性一度”的“金课”标准, 构建了“三模块+两通关+三进阶”的“发酵工程”课程教学模式, 形成教与学的闭环。在课程实施中通过重构线上线下教学内容引入前沿性知识; 通过创设主动学习的环境培养高阶性思维; 通过采用情境化的项目式教学方式提供实践性场景和挑战性任务, 形成“学生+教师+企业(专家)评委”三方共评的多元化考核模式。上述教学改革激发了教师团队的教学热情, 有效提升了学生在课程中的参与度、体验感和主动性, 学生学习独立性、团队合作性和分析解决复杂问题的能力, 获得感强, 形成了鲜明的“理论结合实践和工程化”特色, 达成了教学目标。

关键词: 发酵工程; 一流本科课程改革; 线上线下混合式教学; 多元化评价

资助项目: 湖北省高等学校省级教学研究项目(2020475); 湖北高校省级一流课程(2022 线上线下混合式); 武汉工程大学生物工程专业国家级一流本科专业建设项目(2021); 武汉工程大学一流本科课程建设项目(2022); 武汉工程大学思政示范课程建设项目(2022)

This work was supported by the Teaching Reform Research Project of Higher Education in Hubei Province (2020475), the Provincial First-class Courses in Hubei Universities (Online and Offline Hybrid First-class Courses), the National First-class Undergraduate Major Construction Project of Bioengineering of Wuhan Institute of Technology (2021), the First-class Courses Construction Project of Wuhan Institute of Technology (2022), and the Curriculum Ideology and Politics Model Course Construction Project of Wuhan Institute of Technology (2022).

*Corresponding author. E-mail: lt_bb@wit.edu.cn

Received: 2023-11-15; Accepted: 2024-02-28; Published online: 2024-03-15

Development of the first-class undergraduate course Fermentation Engineering in local engineering colleges

CHENG Bo^{*}, JIN Xiaoyun, LU Yang, JIANG Nan, HU Guoyuan, ZHAO Xihong

School of Environmental Ecology and Biological Engineering, Wuhan Institute of Technology, Wuhan 430205, Hubei, China

Abstract: Fermentation Engineering is a characteristic engineering course featuring extensive knowledge, rapid discipline development, and close integration with production. This course is designed to cultivate engineering talents with strong practical ability, innovative thinking, and engineer spirit. Focusing on the shortcomings and difficulties of the theoretical course in the training of engineering talents, we have established a teaching model of “three modules+two passes+three step progression” according to the gold class standard of being advanced, innovative, and challenging after four years of exploration on the teaching reform of Fermentation Engineering. In this model, the online and offline teaching content is re-organized, with the introduction of cutting-edge knowledge; an active learning environment is created to cultivate advanced thinking; contextualized project-based teaching method is employed to provide practical scenarios and challenging tasks; a multi-assessment model composed of students, teachers, and corporate (expert) judges is formed to stimulate the enthusiasm for learning; the forms of ideological and political education are enriched to improve the attraction of the course. The teaching reform has stimulated the teachers’ enthusiasm for teaching and building rapport with students and improved the students’ participation, experience, and initiative, with the formation of a distinctive feature of combining theory with practice and engineering. Furthermore, the reform has improved students’ self-learning, collaborative ability, skills in solving complex engineering problems, and gaining sense, achieving the teaching goals.

Keywords: Fermentation Engineering; reform of first-class undergraduate course; online and offline blended teaching; multi-assessment

我国工科专业和工科院校的高等教育模式正面临着应对世界新技术革命和新兴产业形成对人才综合素质提升和内涵需求变化的挑战。国家教育部门不断推行许多具有前瞻性的教育理念及政策措施并取得了实效。我国高等教育面对新形势开启了革新的篇章,2017年,新工科建设始于“复旦共识”,践行于“天大宣言”,启动于“北京指南”^[1-2],教育部高等教育司引领了新工科框架的铸建^[3-4];2018年相关部委印发

了《关于高等学校加快“双一流”建设的指导意见》^[5],强调坚持改革驱动,内涵式发展,提出探索课程改革,推进建立政治过硬、行业亟需、能力突出的高层次复合型人才培养新机制,重构人才体系,同年教育部提出打造“金课”、淘汰“水课”的倡议,并凝练出“两性一度”即高阶性、创新性和挑战度的“金课”标准^[6]。为了响应国家的倡议,时代的发展,行业的需求,达到一流课程新的标准和要求,作为培养人才获

得知识、能力和素养的第一战场,高校专业课程的建设和创新刻不容缓。

“发酵工程”课程的核心内容是如何将生物技术转化成大规模生产的产品,是一门实践性较强的工科特色课程,也是进入专业课学习后,学生第一次接触生物产业的重要课程,因此在生物工程人才培养体系中具有十分重要的地位^[7]。立足本校工科优势和“两型两化”(创新型、复合型、工程化、国际化)的人才培养总体目标,确立了课程“为培养具备注重实践、善于创新、追求卓越工程师精神,适应发酵行业发展的高素质专业人才提供有力支撑”的人才培养目标。“发酵工程”课程历经多次教改,获批校级重点建设课程、校级课程综合改革课程、校级一流课程、省级一流课程等,为武汉工程大学生物工程专业为“工程教育认证专业”,并获批省级一流专业和国家级一流专业建设点提供了有力支撑。

发酵工程课程目标强调的工程化、实践性和创新性与“两性一度”的金课标准不谋而合,对课程建设及教学模式的创新提出了更高的要求。课程应用三点教学核心、两线教学路径、三面互动环境一体的结构思维,构建了“三模块+两通关+三进阶”的混合式教学模式,增加挑战性的教学内容,培养高阶性思维,达成知识、能力、素养一体的课程目标。围绕工业发酵基本技术(工程知识)、产品的生物制造原理(问题分析)、经典产品的机制和应用(复杂工程问题)形成三点核心教学模块,引导学生形成系统的知识结构,适时增加挑战性的学习内容;利用线上线下混合资源,形成“线上预告重点问题→线下分析重点问题→线上发布挑战问题→线下剖析难点问题”教的闭环,和“线上预习基础问题→线下学习重点问题→线上线下互动思考挑战问题→线上线下解决难点问题”学的闭环,提

升学生学习自主性,培养高阶性思维;同时,创设生生互动(课内、课外头脑风暴),师生互动(课内课外、线上线下讨论、课堂报告),实境互动(模拟实境的项目活动、企业人士采访)三面互动环境,创造模拟生产过程的学习环境,通过角色扮演、职业探索,激发学生学习的兴趣和注意力,提升解决复杂工程问题的能力。本文从该模式的教学模式设计、教学内容重构、教学方法实施、教学情境创设及评价体系优化等方面进行了总结和反思,以期对地方院校工科特色课程的改革和创新提供一点参考。

1 传统教学模式下“发酵工程”课程所面临的困境

发酵工程具有学科交叉、技术更迭快及应用领域广泛的特点。发酵行业需要能将复杂的知识内化迁移到不同产品中的复合型人才。课堂学时有限,传统的教学环境、方式鲜有先进性和互动性,学生参与度低、体验感差,不利于引导学生主动学习并建立有层次的知识结构,以及将知识、能力和素养有机结合用于发现和解决发酵相关复杂工程问题的综合能力和高阶思维的提升。

发酵工程是实践性很强的工程类课程,需要理论知识与实践经验结合。本科阶段的学生仅具有实验经验,缺乏对企业生产实践的认知和团队合作意识。仅参考传统教材的教学内容缺乏前沿性和时代性,无法给予学生模拟实践的学习场景,培养学生大胆推理、勇于反思及解决实践问题的能力。理论知识与实践应用不协调的矛盾,弱化了课程的吸引力和工程特色。

传统单一的评价方式,无法激发学生持之以恒的学习兴趣,获得深度学习能力。缺乏体验感的思政育人方式,难以启发学生主动思考

和交流,不利于促进个人兴趣与社会责任的统一,培养重视实践、善于创新、追求卓越的工程师精神。

如何重构教学内容、改进教学方式、设计教学环节,形成主动学习、善于反思、利于实践的教学环境,以促进学生更好地达成学习目标,是发酵工程课程建设面临的难点和痛点。

2 “发酵工程”课程混合式教学模式设计与实施

基于上述“发酵工程”课程在发展过程中遇到的难点和痛点,恰逢一流课程建设质量标准提出要求高校课程教学改革,一流课程应符合“两性一度”的要求,即具有高阶性、创新性和挑战度^[8]。为达到“两性一度”标准,“发酵工程”课程从教学目标、教学模块、教学方法、评价方法上进行了设计,构建了“三模块+两通关+三进阶”的混合式教学模式,并在课程教学改革中进行了实践,对解决痛点和难点问题取得了一定的成效。

2.1 遵循“高阶性”标准的教学目标设计

湖北是生物产业大省,结合前述课程人才培养目标,本校“工科优势和特色”与“湖北生物产业‘1+9’联动发展格局”^[9],课程人才培养方向定位为培养“立足湖北,辐射全国,服务区域经济和生物行业”的发酵主管奠定理论基础。

“两性一度”的高阶性指课程教学须将知识、能力、素质有机融合,着力培养学生解决复杂问题的综合能力和高级思维。发酵工程师所需具备的解决复杂工程问题的综合能力和遵守工程伦理、具备可持续发展思维的综合素质与高阶性不谋而合。

基于人才培养目标,依据初级认知到高级

认知的特征,将教学目标划分为对应知识、能力和素养培养的3个目标,确定了对应目标的教学重点和难点(图1)。达成的具体课程目标如下:知识目标为熟悉工业发酵基本技术和产品生物制造原理;能够描述典型发酵动力学模型;掌握发酵过程管理和优化知识;能力目标为具备应用发酵机制及过程模拟理论,设计菌种改进方案;分析发酵过程现象和代谢规律,实现发酵过程控制;解决发酵相关复杂工程问题;设计、实施、管理发酵工艺的能力;素质目标为恪守发酵行业的工程伦理;强调资源节约和环境友好的工艺设计意识;厚植务实笃行、科技强国的社会责任感。

2.2 遵循“两性一度”标准的混合式教学模式构建

“两性一度”标准除了高阶性教学目标,还包括培养高阶性思维、增加课程的创新性和挑战性。创新性要求课程内容具有前沿性和时代性,教学形式体现先进性和互动性,学习结果具有探究性和个性化;挑战度则规定课程应有一定难度,确保教与学主体双方都有适当的投入度^[10]。另一方面,适应互联网时代新的教育信息化教学模式^[11],设计线上教学内容和资源,将适于学生在线学习的基础的、课堂学习内容相关背景的资源放在线上,有助于学生课前预习,将加深对课堂内容理解、拓展性的资料放在线上,帮助学生课后总结复习,以便将课上课下、线上线下的教学内容合理分配,有机整合。

为了将“两性一度”具体融入教学内容和形式中,针对课程教学的痛点总结为三点,即知识的应用迁移和需求的矛盾、理论和实践难以协调的矛盾、兴趣和责任无法统一的矛盾,从教学内容、方式、评价方法进行构思和设计(图2),梳理教学内容后,依据教学目标,构建了“三模

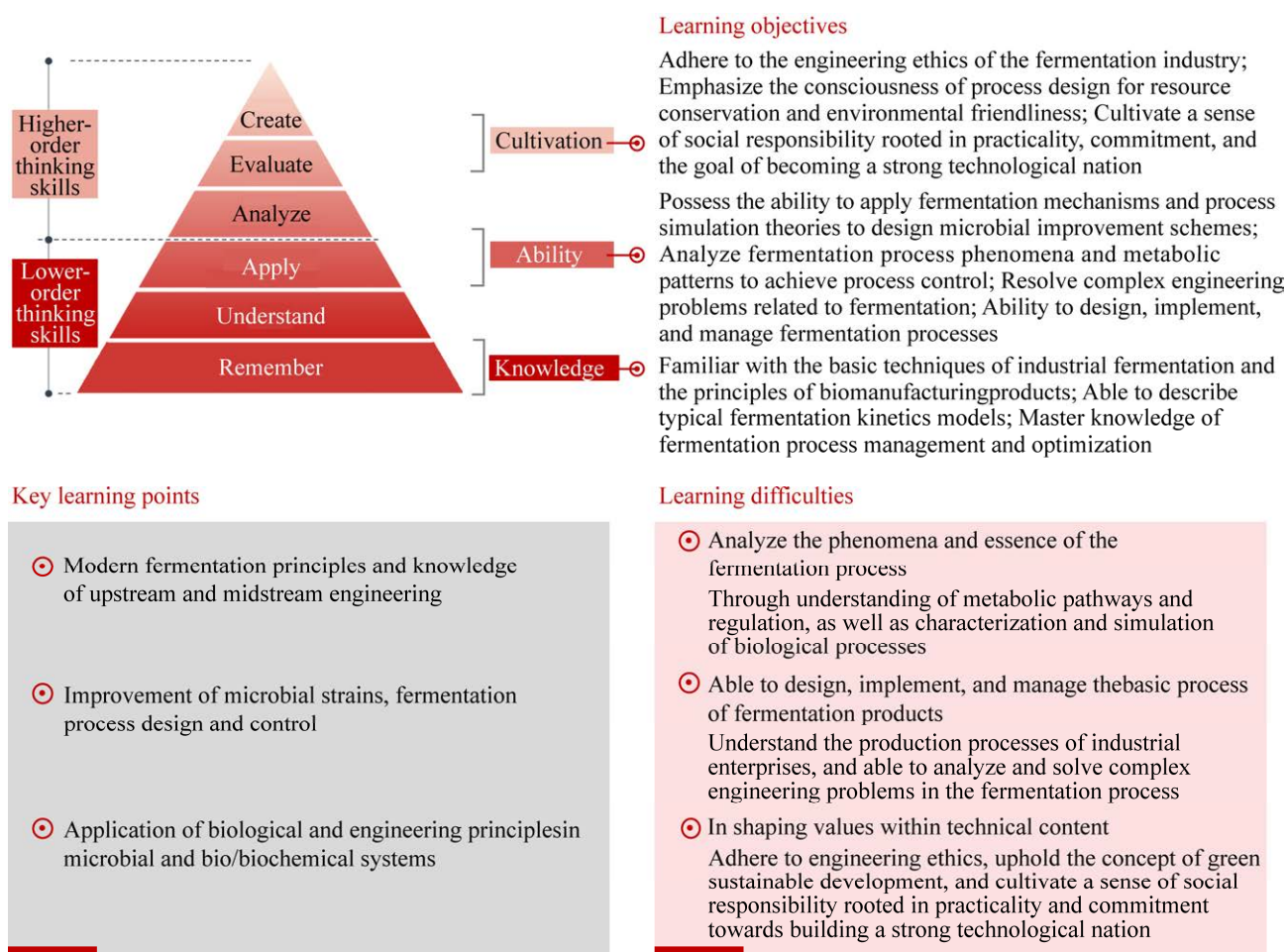


图1 “发酵工程”课程的教学目标设计

Figure 1 Design of teaching objectives for Fermentation Engineering.

块+两通关+三进阶”的混合式教学模式(图3)。教学内容分为工业发酵基本技术、发酵产品制造原理、产品生产的发酵机制进展与技术进步3个模块;通过3个模块的渐进式学习,分别支撑工程知识、问题分析、解决复杂工程问题能力的课程目标三步进阶式达成。模块学习采用基于实际生产案例的问题式教学法,整体知识应用采用模拟发酵企业情境的项目式教学法。

通过教学模块的设置,有助于学生形成知识整体的层次逻辑和系统性,在每个模块结束后给予涉及前沿技术的开放性问题的,采用分组

任务的形式让学生在寻找答案的过程中通过思考、分析、充分的交流、探讨、决策、最后表达观点和反思来完成主动及合作学习的过程,一方面能应用上一模块掌握的知识和能力完成任务,另一方面检验自己的学习成果,进行改进和反思。工业发酵基本技术模块包含工业菌种日常管理、工业培养基设计、工业发酵灭菌技术和原料预处理及淀粉水解糖制备技术。这部分内容重点是掌握工业技术和实验室技术的差异,采用问题式教学法,在每小节中设置不同的生产实践问题,进行课堂讨论,增加学习的参与度和互动性,引导学生深度学习。第二

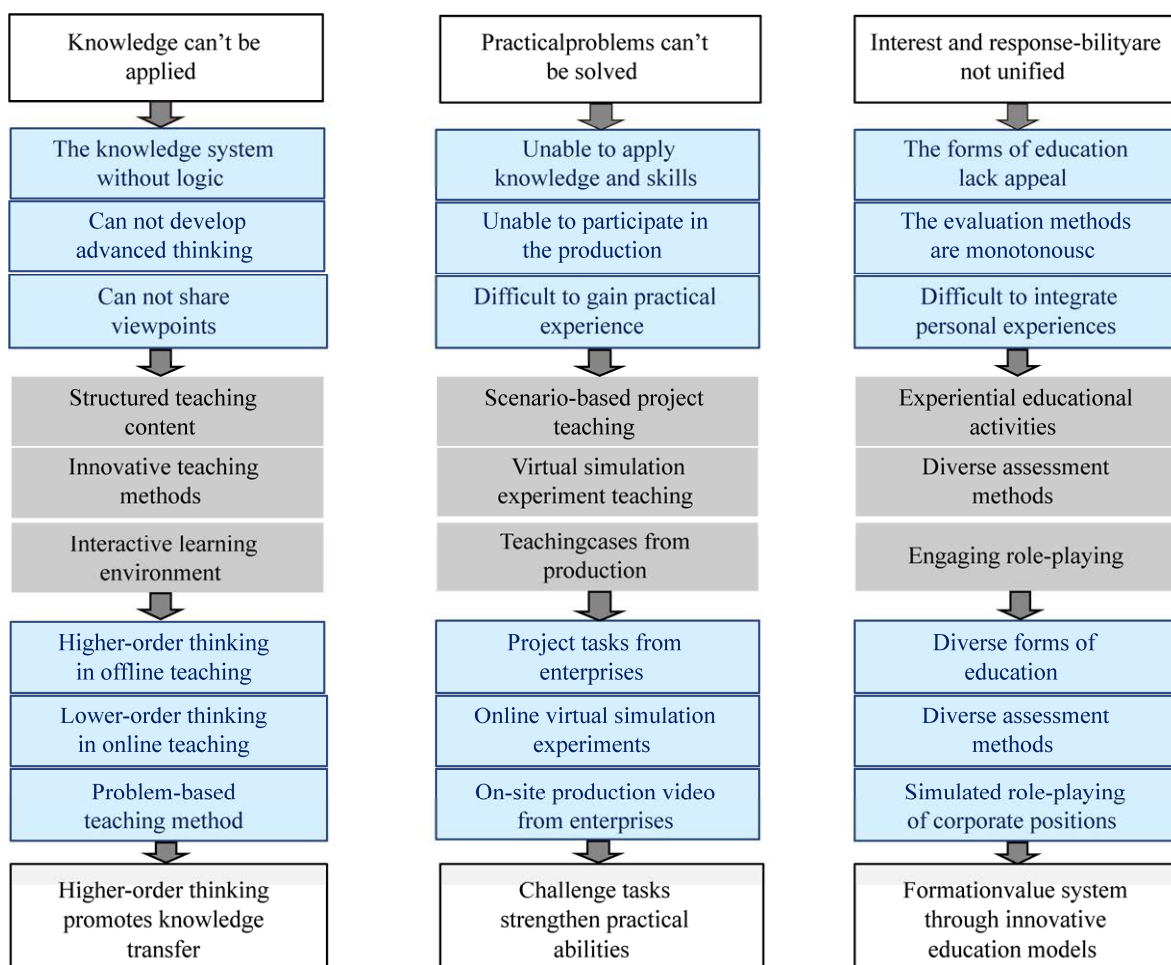


图2 “发酵工程”课程混合式教学设计思路

Figure 2 Design ideas of hybrid teaching mode for Fermentation Engineering.

模块为产品的生物制造原理，主要利用原始的生产、研究数据，进行推演和分析，注重选择复杂的工程问题或未解决的问题，让学生应用多学科的知识综合分析现象，引出矛盾点并提出可能的解决方案，引申思考。通过不同产品生产现象和解决方案的分析，总结共性问题和个性问题，通过团队课堂、课外讨论，文献调研，课堂报告，引导学生主动思考，提出疑问，得出结论，激发学生学习的主动性、挑战性和目标感。第三模块则选择代表性的典型产品谷氨酸，在学习第二模块的基础上引入产品的技

术进步史，通过技术进步中不断推翻和重建产品的发酵机制来理解科学精神，提升科学素养，增强解决复杂工程问题的能力；在第二和第三模块学习阶段，课程中并行啤酒、谷氨酸、青霉素产品生产的虚拟仿真实验，一方面让没有生产经验的学生在校内也能对工业生产全过程和产品生产全流程有一定的了解和体验；另一方面让学生了解智能制造和大数据在发酵工业生产中的应用。三个模块学完以后，通过完成一个拯救亏损企业的挑战度高的项目答辩任务来检验学生的学习成果。

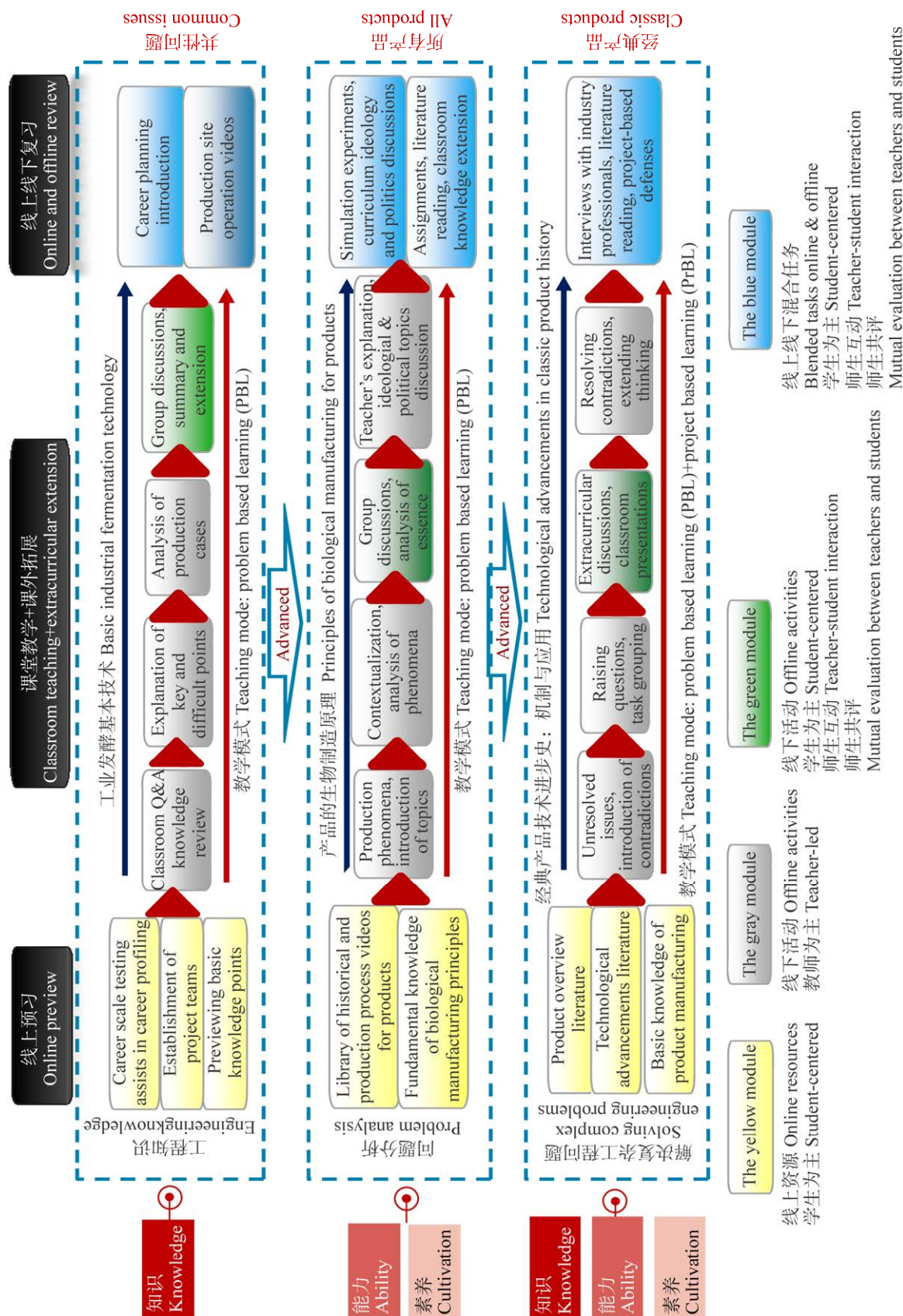


图 3 “发酵工程”课程混合式教学模式

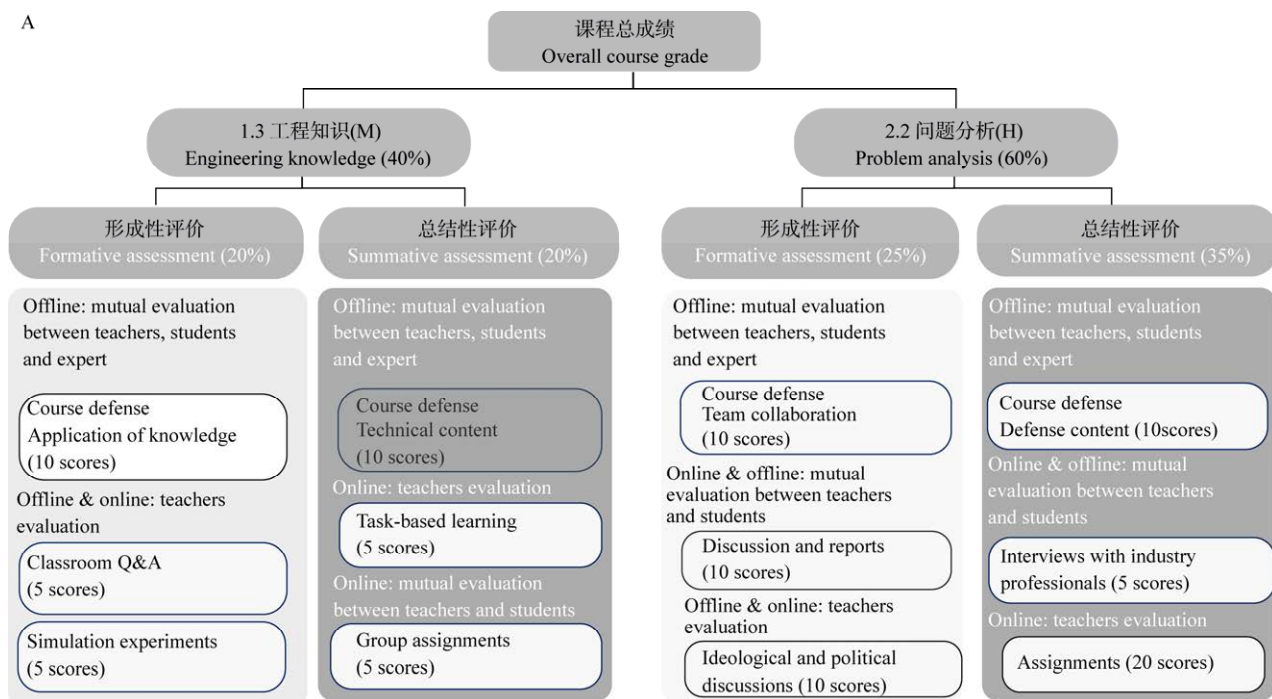
Figure 3 Hybrid teaching mode for Fermentation Engineering.

“三模块+两通关+三进阶”的混合式教学设计重构教学内容,3个模块侧重不同的教学活动,对工程知识部分的教学采用随堂练习、抢答、课后作业等多种形式巩固学习成效,在发酵原理和产品生产部分的教学活动中贯穿多次课堂小组讨论、课外讨论、课堂报告、思政话题讨论等多样的教学形式,提高学生学习主动性和思考力。通过进阶式的学习,逐步引入交叉和前沿学科知识,采用围绕生产实践的问题式教学方法,解决学生知识难以迁移应用,实践能力不足等课程难点;提升学生将知识、能力和素养有机结合用于发现和解决发酵过程中的复杂工程问题的综合能力和高阶思维。

2.3 遵循“创新性”标准的多元化评价模式改革

发酵工程知识涉及广泛,与实践结合紧密,需要不断思考和总结。采用传统的总结式评价方法,不利于学生克服惰性和持之以恒地学习^[12]。课程采用“形成性评价+总结性评价”的模式改革,一方面依据平时的各项活动如讨

论、团队作业、课堂报告、模块测验的形成性评价和作业、仿真实验、课程答辩等的总结性评价,形成课程总成绩(图4A);无论是形成性评价还是总结式评价都有具体的评价标准并在课程开始时公布,如期末答辩分为技术含量、知识应用、团队合作和PPT内容4个部分来评价(图4B)。评价标准尽量做到公平可靠、具体可达成并能起到正向激励作用,以促使学生能形成个性化、探究性的学习成果。另一方面,对成绩的评价人员也做了改革,作业、仿真实验等为教师评价,讨论、课堂报告、小组作业采用组内、组外、教师一起评价的师生共同评价方式,打出总分后,个人分数依据组内给出的贡献值计算,贡献值必须提交明确的依据。期末答辩采用学生、教师、专家共评价的方式,专家邀请大型发酵企业的企业负责人或研发负责人,评价团由教师1人、各组代表9-10人、专家4人共14-15人的打分平均,要给出具体评语作为打分依据(图4C),打分表会返给各小组参考。改革后的课程评价方式确实对学生平时的学习



B

平时成绩评价方法			期末答辩评价标准			
序号	任务内容	评分方法和标准	评价内容	评价人	评价方法	评价依据
1	任务点学习	网站任务点学习程度(反当比总计)*5分; 示例: (反当比=95%)5*0.95=4.75分(反当比>100%按100%计)	技术含量(10分)	评价团: 老师 1 人、 各组代表 9 人、校外企 业专家 4 人 (共 14 人)	取14份打分的平均分 汇总为各组得分	1、能否依据答辩题目针对性地发现并阐明关键技术问题; 2、关键技术问题是否具体、正确; 3、关键技术问题不超过 3 个; 4、能否针对技术问题一一寻找解决方案; 5、方案是否合理, 详实, 依据充分; 6、解决方案所依据的技术是否可靠、具有一定的先进性和可行性。
2	课堂回答	课堂参与回答问题程度(参与答题比例)*5分(共发布随堂问答39次, 抢答3次), 参与度>90%, 为满分	知识应用(10分)			1、所采用的技术和方案是否运用了本课程的相关知识 2、运用的知识的相关性和深度 3、知识的综合运用能力和拓展
3	仿真实验	仿真实验平均成绩: >75分得5分; 70-75分得4.5分; 65-70分的4分; 60-65分得3.5分; 50-60分得3分; 50分一下得2分。总分为平均分*实验完成度(如完成3个实验, 完成度为3/4=0.75)	团队合作(10分)			1、是否依据招投标项目组结构合理分配团队任务 2、招投标项目组成员是否能围绕目标完成各自任务 3、团队是否分工合理, 有效合作, 最终达成目标
4	作业	作业平均成绩*20/100	PPT内容(10分)			1、答辩 PPT 是否展示出团队成员的具体工作内容和成效 2、答辩 PPT 是否展示出逻辑性, 恰当的依据、是否能进行总结并得出结论。 3、答辩 PPT 的表达是否科学、简洁、美观。
5	思政讨论	思政讨论参与度(网站讨论发言次数)*5分(共发布8个话题)	个人得分	小组贡献(百分比)	小组组长	小组总分*小组贡献比
6	讨论与采访	每次讨论和采访分数为所有互评分的平均分; 总分为所有讨论和采访的平均分(共4次); 根据材料的完成程度和整理情况±1-5分				

C

*****学院
2020级生物工程“发酵工程”小组课程答辩记录表

小组名称	发酵小分队		专业班级	2020级生物工程01班	
小组组长	***	答辩记录人	***	答辩时间	2023.*.*
答辩题目	青霉素高产菌株的选育以及生产过程优化				
报告组成员	***、***、***、***、***、***				
评委	***				

答辩PPT内容概要: 小组从青霉素的应用情况以及青霉素的市场容量着手, 对青霉素的生产以及应用做了具体分析, 深刻剖析了青霉素传统生产过程存在的不足。在广泛查阅资料之后, 我们提出了切实可行的生产过程优化措施, 并对发酵过程控制进行了进一步讨论, 最终提出了一个优化的青霉素生产方案。

评委评价:
报告从青霉素的市场现况和生产中存在的问题着手分析, 提出了从菌种、培养基优化、发酵工艺到提取工艺的解决方案。查阅资料较详实, 提出的解决方案反应了发酵过程涉及的关键技术, 小组成员分工明确, PPT制作条理清晰, 美观大方。由于报告涉及内容较广, 重点不够突出; 缺乏具体指标, 如成本、生产效率等作为解决问题的支撑, 可实施性不太强, 还可进一步提高。

考核项目	分值	权重	赋分
答辩成绩	技术含量	10	9
	PPT内容	10	9
	知识应用	10	9
	团队合作	10	
小计			36

该小组答辩成绩为: 36

组长签名: *** 2023年 *月 *日

图 4 “发酵工程”课程多元化评价模式 A: 课程成绩组成. B: 评分标准示例. C: 期末团队答辩记录表(专家评价记录示例)

Figure 4 Diversified assessment mode for Fermentation Engineering. A: The composition of course grades. B: Example of scoring criteria. C: End-of-term team defense record form (example of expert evaluation record).

起到了促进作用，特别是课程答辩多人打分使得结果更公平，更具有说服力，企业专家、教师和学生的打分和评语从不同角度来分析，更能得到学生的认可，使学生更有收获。

3 “发酵工程”混合式教学模式下的教学方法设计

课程团队成员包括 2 位教授、2 位副教授和 1 位讲师，其中课程负责人和两位教授参与多次企业合作项目，具有较丰富的企业经验，

在案例设计、企业现场生产资料搜集、模拟发酵企业的情境项目的实施等方面给予了很大帮助。

团队分工明确，定期交流，构建了一主线“三模块+两通关+三进阶”的混合式教学模式及多元化的评价体系以后，依据前述课程的重点和难点问题，针对学生具体的情况进行分析，确定了教改目标和具体的课程教学方法改革(表 1)，包括创设主动的学习环境，应用企业现场真实生产的各类学习资源，采用角色扮演等帮助学生更有效地达成课程目标。

表 1 “发酵工程”课程的教学改革方法

Table 1 Teaching reform methods for Fermentation Engineering

学情分析 Learning situation analysis	创新构思 Innovative ideas	预期目标 Expected goals	教改方法 Teaching reform methods
教学难以提供知识内化应用迁移的学习环境，学生缺乏深度学习的能力 Knowledge transfer and application use for teaching process is very difficult, students' needs for deeper learning	重构教学内容，形成 3 个模块，阶段性给予任务，建立应用迁移的学习环境 To give the course contents structure, divide the contents to three modules, add stages and tasks to a learning process, establish a learning environment for successful knowledge transfer	深度学习来培养科学素养和展高阶思维能力 Deep learning is required to achieve scientific literacy and to develop high order thinking skills	构建“三模块+两通关+三进阶”的教学模式，采用问题式教学法 Construct a “three modules+two passes+three step progression” teaching model and adopt a problem-based teaching method
教学难以提供运用知识的实践场景，学生缺乏分析和解决实际问题的高阶思维 Applying theoretical knowledge in practical scenarios for teaching process is very difficult, students lack higher order thinking and problem-solving skills	建立模拟发酵企业的项目团队，给予实境模拟式学习环境 Establish a project team like the fermentation enterprise in simulation-based learning	通过合作学习形成积极的学习氛围，提升分析和解决问题的高阶思维 Creat a positive learning environment through collaboration and cooperative learning, enhance higher order thinking for analyzing and solving problems	采用情境化的项目式教学方法和多元评价模式，建设企业生产学习资源库 Contextualized project-based approach and multiple evaluation model is applied, built enterprise learning resource library
教学难以提供体验感强多样化的育人环境，学生失去兴趣和缺乏责任感 Providing a rich ideological and political education environment is very difficult, students lose interest and lack responsibility	丰富思政育人的形式，增强吸引力，增加有参与感的活动 Enrich ideological and political education environment, enhance learning attractiveness, adding engaging activities	引发主动学习、主动思考的学习态度，厚植可持续发展的意识和科技强国的社会责任感 Get active learning and thinking, cultivate the awareness of sustainable development and the sense of social responsibility of a technologically powerful nation	增加线上话题讨论和互动感强的企业人士采访活动，在模拟实境的项目中通过角色扮演、职业探索提升兴趣 Increase student participation in online discussions and interview activities with business people, enhance interest through role-playing and career exploration in contextualized project-based

4 “发酵工程”混合式教学模式下的教学实施

“三模块+两通关+三进阶”的混合式教学模式在模块学习和整体知识应用中采用了不同的实施方法。对学生而言,三个模块的学习分别要达成知识、知识+能力、知识+能力+素养的三步课程目标的渐进式进阶,让学生体会各模块不同的学习方法和学习深度的增加,既能循序渐进又能有明显的获得感。模块学习中,通过线上预习、课堂学习和课外拓展、线上复习形成教和学的闭环,提高学习效率(图 5A)。例如,工业菌种管理和培养基设计学习小节,课前观看企业制备纯净水、移种操作等的现场视频,预习时完成测验题目,课中设计抢答、随堂问答等环节巩固低阶知识的复习和回顾,设计课堂讨论完成高阶思维的培养(如比较实验室菌种、工业菌种保藏中心、企业细胞库菌种保藏及交换的差异来进行课堂小组讨论),课下进行拓展性学习(线上学习企业制作的“细胞库的日常管理”报告)(图 5B)。

整体知识应用中,基于职业测试量表,依据发酵企业不同岗位的职业画像,学生自主建立包含项目经理、项目助理、菌种中心、发酵车间、研发中心主任、市场经理 6 人项目团队,团队在课程开始时选择一个产品,课程中在教师的指导下收集资料,制定任务内容和任务计划,进行课外讨论,课程结束时完成一个应用所学知识拯救亏损企业的项目答辩。项目要求应用课程中 3 个以上的知识或技术,并能通过技术说明和技术经济分析来说明企业减亏盈利的可能性。

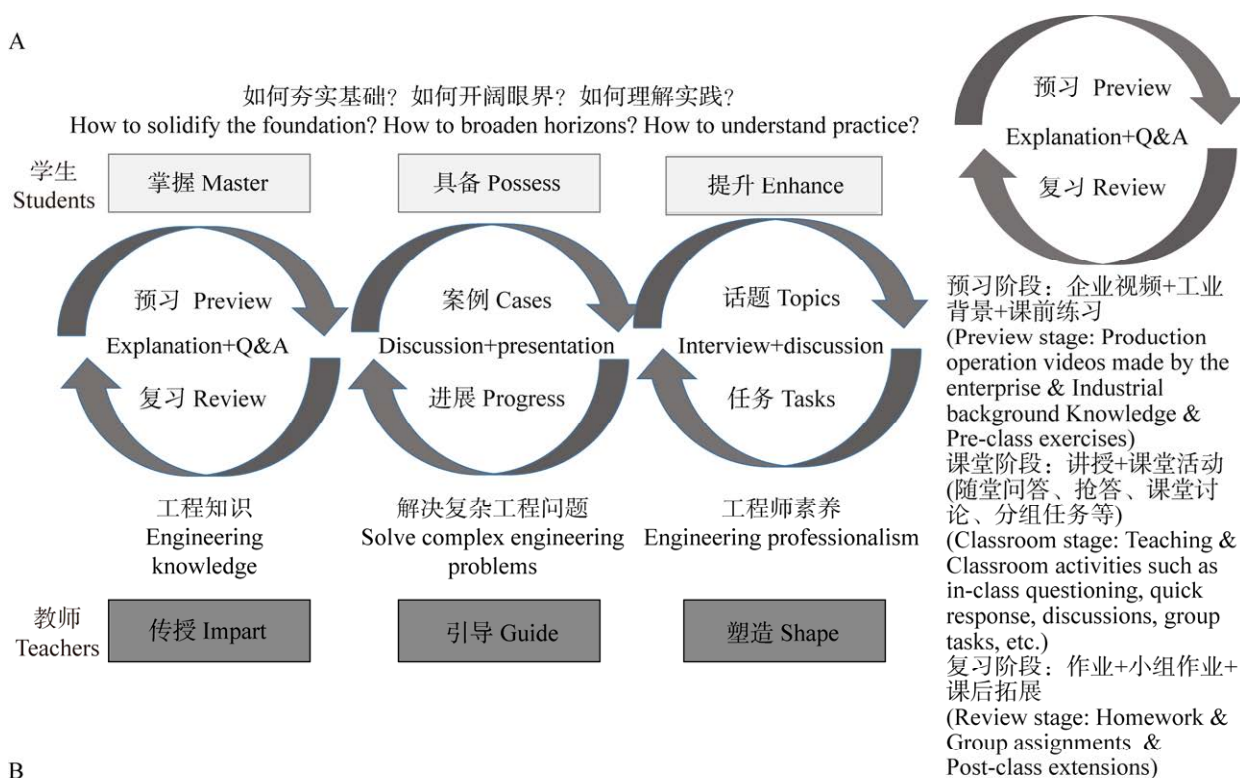
在专业学习中引入课程思政(curriculum ideology and politics, CIP)内容,课堂植入思政

点,部分学生发言,课后全体学生线上讨论。课外选择企业人士采访,灵活多样的互动环境,提升体验感和育人感染力。

5 “发酵工程”混合式教学模式下的改革成效和反思

为了适应和解决课程中不断变化的新问题和新形势,课程经过 4 年混合教学模式改革的探索,教学团队从课程目标、课程内容、授课模式、评价方式等方面持续改革和转变,目前课程构建“三模块+两通关+三进阶”的混合式教学模式,创设模拟发酵企业情境的项目式教学法,围绕学习全过程的“教师、学生、专家”评的多元考核模式。课程较有成效的改革为:首先,课程以成果为导向,以学生为中心,采用 SPOC 混合式的教学模式^[13],通过线上预习、课堂学习和课外拓展、线上复习形成学习闭环,提高学习效率;激发学生学习热情和持续学习能力,提升透过现象分析问题本质的思维能力。其次,尝试围绕生产案例的问题式教学法和丰富的课内课外学习活动,创造活跃、合作的学习环境,激发学生自主学习意识;寻求企业的支援,充实线上资源。通过同步学习“生产操作视频”“生产管理过程”等真实素材和参加仿真实验训练,创造一个模拟生产过程的学习环境,培养学生将理论知识用于生产实践的意识 and 能力。最后,利用线上线下课程内容的分配,调整学生和教师对时间体验的不同步,改变“教师永远觉得课堂时间不够,学生永远觉得课堂时间太长”的矛盾。精简课程内容,广度放在线上教学中,深度放在线下教学中,建立“小而精”的课堂教学特色,实现学生的深度学习。

A



B

第3章 工业发酵基本技术-工业培养基设计与制备

3.1 工业培养基制备

3.1.1 工业培养基的灭菌操作 (仅供学习, 如用他用, 后果自负)

3.1.1.1 生产用水的制备 (视频仅供学习, 如用他用, 后果自负)

3.1.1.2 纯化水微生物限度检验 (视频仅供学习, 如用他用, 后果自负)

3.2 课前预习资料

3.2.1 淀粉水解糖

3.2.2 淀粉工业

3.2.3 甘蔗制糖工

3.2.4 预过滤器

3.2.5 压缩空气检

3.3 第三章预习题

生产用水的制备 Operation videos: Microbial limit testing of purified water

Industrial background Knowledge

Classroom stage: in-class questioning

以下培养基优化实验的顺序是? (A Literature search ;B Component swapping; ;C maths and stats ;Dkeep it simple E match and win strategy)

全错:3.3% 全对:31.7% 半对:65.0%

3 【多选题】微生物污染, 可能来自以下哪些内容?

A. 设备和设施
B. 材料
C. 人员
D. 工艺

Pre-class exercises

正确答案: ABCD

4 【判断题】DE值为葡萄糖当量, DE值越低, 甜度越高, 当DE值为1-3时, 甜度最高。

正确答案: ×

5 【判断题】盲样考核是对不清楚条件时进行考核, 从而了解测试人员实验操作的准确性。

正确答案: ×

Review stage: Group assignments

每组找一篇响应面英文文献, 用软件重现实验结果数据分析 已交 10/10 已结束 (要有过程)

由上表可知, 文献的二元多项式拟合方程式与软件拟合结果基本一致, 误差较小。

③3D 响应曲面比较:

文献 Design-Expert

3. 点击“Box-Behnken”

4. 在“Numeric factors”可以根据实验需求修改因素, 将数据正确填写到图表中若实验需要分组可以在“Blocks”进行调整

Group assignment sample

图5 “发酵工程”课程教学内容及组织实施情况 A: 教学内容实施思路. B: 教学内容实施案例

Figure 5 The content and implementation of Fermentation Engineering. A: Teaching content implementation approach. B: Teaching content implementation cases.

对 2019、2020 级学生发放 125 份课程问卷, 回收 113 份, 汇总了学生对课程的感受(图 6), 80% 学生认为混合式教学模式对工程知识的掌握帮助很大, 85% 以上学生觉得项目式的教学

法受益最大, 学生学习独立性、团队合作性提升, 获得感强。超过 80% 的学生认为课程学习对工程知识的掌握和问题分析能力有较大的提升。近乎全部的学生认为企业案例对达成学习

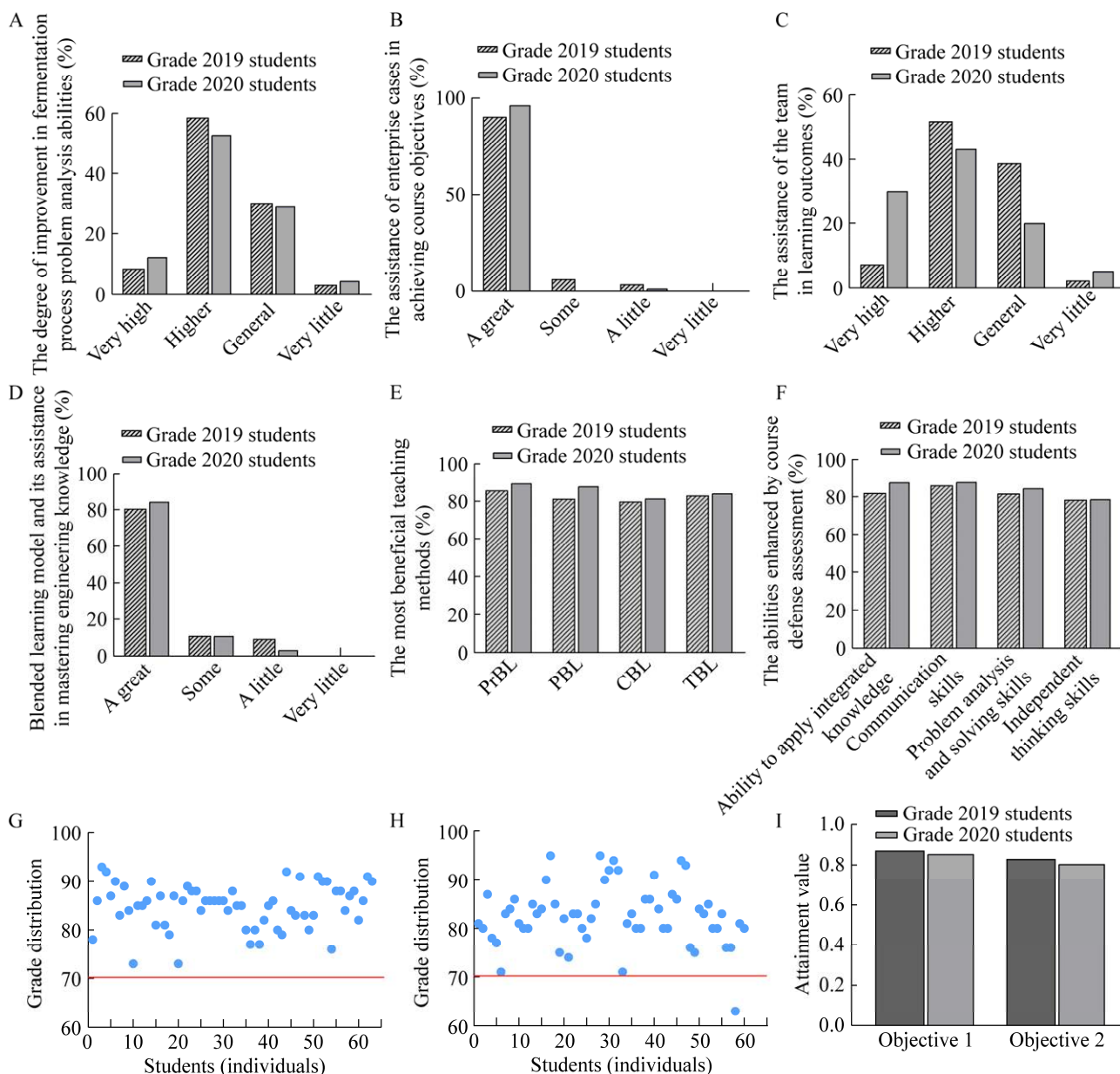


图 6 “发酵工程”混合式教学模式下的改革成效 A-F: 2019 级、2020 级课程调查问卷统计结果。G、H: 2019 级、2020 级成绩分布图。I: 2019 级、2020 级课程目标 1、2 总体达成情况

Figure 6 The reform effectiveness of Fermentation Engineering under the hybrid teaching mode. A-F: Course questionnaires survey results of students of the grade 2019 and 2020. G, H: Grade distribution graph of students of the grade 2019 and 2020. I: The evaluation of course objectives achievement degree of students of the grade 2019 and 2020.

目标帮助很大。课程有效帮助学生逐渐增加学习深度,提升透过现象分析问题本质的高阶思维。课程形成鲜明的“理论结合实践和工程化”特色,得到了学生们的支持。2023 年毕业生调查问卷统计对“发酵工程”课程的满意度达到 98%。课程改革也促进了学生对发酵相关研究课题的兴趣,近 3 年,本科生围绕发酵相关研究,参加全国生命科学竞赛获三等奖 5 项,二等奖 1 项。

教改同时激发了团队的教学热情,与学生关系融洽,互相促进。2020 年以来,团队成员作为主持人获批省级一流课程 3 门,课程负责人主持湖北省省级教学研究项目 1 项,以“发酵工程”课程改革创新历程和成果为例获校级教学创新大赛二等奖 1 项。团队获得校级教学成果一等奖 1 项,三等奖 1 项,省级教学成果三等奖 1 项。教师队伍业务能力提升,示范作用较显著。教师队伍业务能力提升,示范作用较显著。2022 年“发酵工程”课程获批湖北高校省级线上线下混合式一流课程,武汉工程大学校级一流课程,武汉工程大学校级课程思政示范课程,为本专业的一流课程建设和工程教育认证下的课程改革提供了借鉴。

“发酵工程”课程在改革过程中也遇到了很多困难和问题,如课程线上建设的时间相对较短,线上资源还不够系统;学生的个体情况不同,目的和需求也不同,学习效果呈现出差距;产品的企业案例和资源还有待进一步丰富等情况。团队已根据上述问题制定了课程的中长期规划,团队教师拟进行企业和高校调研,学习经验,听取需求;参加教研培训,持续学习新的教学理念;进一步完善线上资源的系统化建设,依据学生对企业案例的热情和兴趣,进一步建设和丰富各类企业案例资源库;同时探索针对不同学生需求的个性化教学目标设计,完

善课程视频录制和线上线下互动资源建设。打造具有高阶性、创新性和挑战性的工科专业课程是一项长期而系统的工作和任务,课程团队将本着以学生为中心、以成果为导向的教育理念进一步总结教改经验,持续改进,为培养符合国家需求和区域社会发展需要的新一代工科人而努力。

REFERENCES

- [1] 赵晶,朴永哲,权春善,陈明. 基于工程教育认证的“发酵工程”课程教学设计与实践[J]. 微生物学通报, 2021, 48(3): 984-993.
ZHAO J, PIAO YZ, QUAN CS, CHEN M. Teaching design and practice of Fermentation Engineering based on Engineering Education Accreditation[J]. Microbiology China, 2021, 48(3): 984-993 (in Chinese).
- [2] 李俊杰,韩冰,王伟平,王延峰,吴婷婷,戴冰婷,郭亚娟,马林. “新工科”视角下地方高校工科专业人才培养路径探索与实践:以河北北方学院新能源科学与工程专业为例[J]. 河北北方学院学报(社会科学版), 2020, 36(5): 55-58.
LI JJ, HAN B, WANG WP, WANG YF, WU TT, DAI BT, GUO YJ, MA L. The exploration and practice of the cultivation path of professional talents in local colleges and universities in the background of “new engineering discipline”: taking the major of new energy science and engineering of Hebei North University as an example[J]. Journal of Hebei North University (Social Science Edition), 2020, 36(5): 55-58 (in Chinese).
- [3] 顾佩华. 新工科与新范式:概念、框架和实施路径[J]. 高等工程教育研究, 2017(6): 1-13.
GU PH. The concept, framework and implement approaches of emerging engineering education (3E) and the new paradigm[J]. Research in Higher Education of Engineering, 2017(6): 1-13 (in Chinese).
- [4] 鲁立强,帅琴,田熙科,周成冈,程国娥,韩波,聂玉伦,郑洪涛,欧阳磊. 新工科背景下应用化学专业产教深度融合育人模式的探索与实践[J]. 大学化学, 2024, 39(3): 138-142.
LU LQ, SHUAI Q, TIAN XK, ZHOU CG, CHENG GE, HAN B, NIE YL, ZHENG HT, OUYANG L. Exploration and practice of deep integration of production and education in applied chemistry major under the background of emerging engineering

- education[J]. *University Chemistry*, 2024, 39(3): 138-142 (in Chinese).
- [5] 吴旭, 杜津威, 王恒. 以党的十九大精神为指引 加快推进“双一流”建设[J]. *北京教育(高教)*, 2018(1): 20-22.
- WU X, DU JW, WANG H. Accelerate the construction of “double first-class” under the guidance of the spirit of the 19th Party Congress[J]. *Beijing Education (Higher Education)*, 2018(1): 20-22 (in Chinese).
- [6] 吴岩. 建设中国“金课”[J]. *中国大学教学*, 2018(12): 4-9.
- WU Y. Building a “golden course” in China[J]. *China University Teaching*, 2018(12): 4-9 (in Chinese).
- [7] 谢海伟, 陈勇智, 尹艳, 孙键, 毛露甜. 基于应用型人才培养模式的发酵工程课程改革探索[J]. *高教学刊*, 2023, 9(17): 135-138, 142.
- XIE HW, CHEN YZ, YIN Y, SUN J, MAO LT. Exploration on the course reform of Fermentation Engineering based on the training mode of applied talents[J]. *Journal of Higher Education*, 2023, 9(17): 135-138, 142 (in Chinese).
- [8] 宋专茂, 江波. 课程教学“两性一度”评价的指标建构与实施方法探索[J]. *上海教育评估研究*, 2021, 10(2): 62-67.
- SONG ZM, JIANG B. Exploration on the index construction and implementation of curriculum teaching evaluation with “two-property and one-degree”[J]. *Shanghai Journal of Educational Evaluation*, 2021, 10(2): 62-67 (in Chinese).
- [9] 李延丽. 向生物产业强省迈进[J]. *湖北画报*, 2019(11): 20-27.
- LI YL. Striving towards a strong province in the biological industry[J]. *Hubei Pictorial*, 2019(11): 20-27 (in Chinese).
- [10] 孙启鹏, 孙泽宸, 王芳, 李永平. “两性一度”一流课程“思考训练式”教学实践与探索[J]. *大学教育*, 2023, 12(1): 63-65.
- SUN QP, SUN ZC, WANG F, LI YP. Practice and exploration of “thinking training” teaching in the first-class course of “one gender”[J]. *University Education*, 2023, 12(1): 63-65 (in Chinese).
- [11] 陈向东. 开放式教育潮流下的我国微生物学教学改革与人才培养[J]. *微生物学通报*, 2018, 45(3): 471-472.
- CHEN XD. The China Microbiology teaching reform and personnel training under the trend of open education[J]. *Microbiology China*, 2018, 45(3): 471-472 (in Chinese).
- [12] 韩永萍, 李可意, 刘红梅. 基于 OBE 教学理念 构建多元化评价体系[J]. *药学教育*, 2022, 38(1): 72-75.
- HAN YP, LI KY, LIU HM. Constructing a diversified evaluation system based on the OBE teaching concept[J]. *Pharmaceutical Education*, 2022, 38(1): 72-75 (in Chinese).
- [13] 钟大鹏, 张艳红. 基于微课、SPOC、翻转课堂的三位一体混合教学模式实践探索[J]. *中国教育信息化*, 2021(14): 53-56.
- ZHONG DP, ZHANG YH. Practical exploration of trinity mixed teaching mode based on micro-class, SPOC and flip class[J]. *The Chinese Journal of ICT in Education*, 2021(14): 53-56 (in Chinese).