

多维立体教学在细胞工程中的应用与实践

余响华^{1,2*}, 邵金华^{1,2}, 廖阳^{1,2}, 张永^{1,2}, 赵昌会^{1,2}

1 湖南科技学院化学与生物工程学院, 湖南 永州 425199

2 湖南省银杏工程中心, 湖南 永州 425199

余响华, 邵金华, 廖阳, 张永, 赵昌会. 多维立体教学在细胞工程中的应用与实践[J]. 生物工程学报, 2023, 39(9): 3899-3909.
YU Xianghua, SHAO Jinhua, LIAO Yang, ZHANG Yong, ZHAO Changhui. Application and practice of multidimensional teaching method in "Cell Engineering"[J]. Chinese Journal of Biotechnology, 2023, 39(9): 3899-3909.

摘要: 为提升工科专业课程教学质量, 以成长记录袋课堂评价体系为基础, 将多维立体教学法引入到高等院校生物类专业课程细胞工程的教学改革中, 对课程的知识体系、施教形式、实施方案等开展了探索与实践。授课教师通过结合线上教学、互动教学、案例教学等多种教学模式的改革, 不仅让生物工程专业的学生掌握了细胞工程的相关专业知识及科技前沿, 更增强了学生的学习兴趣与积极性, 提高了学生分析、解决与细胞工程相关的专业问题的能力, 整体执行效果较好。本课程教学改革的实施, 可为高校同类性质的其他专业课程提供借鉴与参考。

关键词: 多维立体教学; 细胞工程; 施教形式; 教学改革

Application and practice of multidimensional teaching method in "Cell Engineering"

YU Xianghua^{1,2*}, SHAO Jinhua^{1,2}, LIAO Yang^{1,2}, ZHANG Yong^{1,2}, ZHAO Changhui^{1,2}

1 College of Chemistry & Bio-Engineering, Hunan University of Science and Engineering, Yongzhou 425199, Hunan, China

2 Hunan Provincial Engineering Research Center for *Ginkgo biloba*, Yongzhou 425199, Hunan, China

Abstract: In order to improve the teaching quality of engineering courses, we introduced a multi-dimensional teaching method into the teaching reform of biology majors in colleges based on the portfolio assessment in the curriculum of Cell Engineering. We reformed the knowledge system, teaching form and implementation scheme of this course. By combining the reform of online teaching, interactive teaching, case teaching and other teaching modes, the students

资助项目: 湖南省普通高等学校教学改革研究项目(HNJG-2020-0877); 湖南省教育科学“十四五”规划课题(XJK21BGD019)
This work was supported by the Research Project of Teaching Reform in Colleges and Universities in Hunan Province (HNJG-2020-0877) and the Hunan Province Education Science "14th Five-Year Plan" Project (XJK21BGD019).

*Corresponding author. Tel/Fax: +86-746-6381164, E-mail: weall2000@126.com

Received: 2022-08-24; Accepted: 2023-05-12; Published online: 2023-05-16

mastered the relevant professional knowledge and the scientific and technological frontier of Cell Engineering. Moreover, their learning interest and enthusiasm, ability of analyzing and solving professional problems related to Cell Engineering also improved. The implementation of teaching reform of this course provides a reference for other similar professional courses in colleges.

Keywords: multidimensional teaching; cell engineering; teaching form; teaching reform

多维立体(multi-dimensional, MD, 也常译为“多维”)教学^[1]指的是在建构主义学习理论和目标教学基本模式的前提下, 让学生动眼观察思考、动口表达议论、动耳感知体会、动脑思维创新和动手操作体验, 充分调动各种感官感受, 使学生全身心地参与到教学活动中的—种综合教学方式。其主旨在于, 将学生视为学习的中心, 强调集体和个人的自我发展和自决^[2], 并赋予学生更多的参与机会, 学生不仅需接受、消化和理解相关知识, 还应掌握获得知识与能力的技巧^[3-4]。该模式最早由 Sterin^[5]建立, 其构建的多维教学模式(the multi-dimensional mode)主要用于解决外语教学规划的综合性结构问题^[6], 其理论基础来源于 Canale 等^[7]对目的论和过程论的统一, 随后为美国的外语教学教育机构所广泛接受, 并在学习的各个教学阶段均有实践。针对多维立体式教学的概念有两种基本解读方式: 一种是基于思维方式的高低来划分维度, 并强调加强高级思维方式的—教学环节, 可以获得更好的教学效果^[8]; 另一种则是基于—教学信息传递层次和深度的划分, 并强调信息传递过程的多维度和立体性^[9]。无论是哪一种解读, 均就讨论、互动及实践环节对—课堂教学效果的提升作用予以了充分的肯定。

“多维教学”的概念最早由罗竞^[6]于 1991 年介绍至国内, 随即阮德生等^[10]开始将多媒体与—大学教育结合, 首次将“—多维化的立体教学模式”应用至—高等教育领域, 开启了我国高等学府关于“—多维教学”探讨和实践的—大门。与国外教

学规律分布范围类似^[11-12], 中国高校开展—多维教学研究与实践的—领域主要集中在—医学及—英语专业, 其次为—数学, 其余在—高职教育、—声乐、—美术、—体育和—文化等领域均有不同程度的—涉及。“—多维教学”在—自然科学领域也有一定程度的—涉足, 且近年来关于—此种教学模式的应用研究成果日趋—丰富, 同—美国发展—轨迹类似, 我国在—跨学科、—跨地域、—跨空间、—跨领域和—跨群体的—多维—跨界—教学方面也开始了—实践探索^[13], 为“—多维教学”又—赋予了—新的—内涵。我国部分—高校目前已在—一些—工科专业课程中开展了—多维—立体式—教学的—尝试^[14-16], 为—我国—高校的—新—工科—建设, 为—提高—本科—教学质量—起到—积极—作用。

1 多维立体式教学模式的优点与潜力

1.1 注重教学顶层设计的立体性

多维立体教学十分强调—教学中的—信息—传递、—师生—交往等—过程的多向性和—立体性^[17], 故在—施教过程中, 非常—注重对—学生—主观—能动性的—调动, 一切可—提高—学生—学习—兴趣和—知识—掌握—程度的—方式—方法均可予以—采用, 但—需—考虑—这些—方式—方法的—施用—范围和—力度, 以及—多种—教学—方式的—综合运用—程度和—结合—形式。因此, 在—实施—多维—立体式—教学之初, 教师—即—需对—拟—教授—课程—有着—高度—立体—且—清晰的—顶层—设计, 教师—不但—需要—就—采用—哪—几种—施教—方式、—非—传统—施教—方式的—适用—范围、—课程—内容—体系—以及—与—之—配套—的—评价—体系的—重构—等方面—开展—系统性的—规划—与—设计, 还

需结合受教育者的基础及群体差异,以及包括在线平台的构建、多媒体教学内容与方式的更新、虚拟仿真资源的利用等在内的条件和因素予以全盘考虑。

与混合式教学模式相比,多维立体式教学更加注重多种教学形式组合的立体性和完整性。尽管混合式教学也十分强调各种教学方式整合的有机性与协调性,但与多维立体式教学相比,二者在认知程度上存在明显的差异:选择多种教学方式加以混合并实现有机统一并非多维立体式教学的标志性指标,而仅仅只是多维立体式教学理应达到的程度。从这一点来说,多维立体式教学是比混合式教学要求更高的一种教学模式,它更强调教学形式组合的立体性,且这种立体性应当完全与教育的本质高度契合。无论是强调思维方式的高低,还是信息传递过程的多维度,都应坚持“以学生为学习中心”的基本原则,并赋予学生尽可能多的参与契机,帮助、引导学生获得相应知识与能力的技巧。

1.2 注重教学信息传递的多维性

由于多维立体教学主张通过全方位调动学生的眼、口、耳、手和脑各感官器官的功能来增强学习效果^[9],故学生对知识的接收也是全方位和立体的。通过这种方式获取的知识,不仅接收效率更高、保持时间更长,更能加快学生对所学知识的理解与掌握进程;同时还可以在在一定程度上削弱部分学生对知识难点的抵触与畏惧情绪,扩大学习效果。

1.3 强调多维度、多层次调动学习的积极性

在当前的互联网时代,信息的传播和获取变得十分便捷,学生获取专业知识不再局限于课堂教学。若教师仍抱残守缺、不思变革,不能顺应新时代年轻人对学习方式的变化,无疑将会降低学生对该课程的兴趣,削弱教学效果。而多维立体教学十分注重线上教学与线下教学

模式的有机结合,且鼓励包括研讨式、主体互动式、生生互动式等形式在内的教学模式的综合运用^[12]。这种不限形式,综合线下各种教学方式优点与线上教学这种易于为青年学生所接受的方式,可以在最大程度上调动学生学习的积极性,增强学生主动学习的能动性,吸引学生参与到各类教学活动中,使学生真正成为教学主体。从多维立体式教学的施教形式层面来看,通过开展翻转课堂(flipped class)、自主学习等形式激发学生的主动参与意识,锻炼学生的学习能力;通过开展研讨式(seminar teaching)、案例教学法(case-based learning, CBL)、主体互动式(interactive teaching)、团队协作为基础的教学法(team-based learning, TBL)^[18]和基于解决问题的教学(problem-based learning, PBL)方式,培养学生的团队合作意识,提高学生发现问题、提出问题、解决问题的能力;通过线上教学(online teaching)与传统的课堂教学(lecture-based learning, LBL)环节增强知识的理解。多维度、立体化的教学方式,促使学生养成积极的学习态度,促进非智力因素的和谐发展,实现素质化教育。

1.4 强调赋予学生更多的参与机会,注重综合能力培养

与多数常规教学方式不同的是,多维立体式教学还十分注重实践能力的培养^[19]。无论是强调高级思维能力训练,还是注重眼、耳、口、手和脑的多维刺激,其最终目的,均是为了最大限度地培养学生的综合运用能力。事实上,自多维立体教学模式建立之初,即强调应赋予学生更多的参与学习、消化和理解知识的机会。这里的机会,指的就是有助于知识的消化与理解的环节,而实践则是完成一门知识的理解与掌握的最重要的环节。后续对多维立体教学的解读研究证实实践环节对课堂教学效果具有明

显的提升作用。需要特别指出的是,多维立体教学强调“赋予学生更多的参与机会”而非简单的“赋予机会”,即表明在多维立体教学中,除需合理利用现有资源/平台,以增加学生的参与机会外,还需创造、提供更多的机会,尽最大可能使学生全身心地参与到教学活动中来。

2 细胞工程多维立体式施教形式及实施方案

当前国内对多维立体式教学的研究大多集中在社科学科及医学方面,而应用于工科教学方面的实证研究不多,专攻于生物工程类的应用研究更是鲜有报道。从已公开的文献资料来看,大部分多维教学多停留在线上/线下混合教学(mixed teaching)范畴,基本属于二维、三维教学模式,离真正意义上的多维立体式教学尚有一段距离。作者在前期工作的基础上,包括线上教学平台的建设、成长记录袋评价体系(portfolio assessment, PA)的实施^[20]、精品课程建设等方面的经验累积,结合生物工程专业特色,构建了细胞工程“多维立体式”课程教学模式。依据细胞工程的知识体系,对采取的施教形式分配如图 1 所示,其中实施多维立体教学(不包含传统课堂教学部分)环节的实施方案如图 2 所示。

从信息传递的层次来看,对眼、耳的感官刺激贯穿于整个教学过程,包括传统教学、案例教学及多媒体教学在内,其他教学形式,如翻转课堂、研讨式、PBL、互动式和启发式教学的自主学习或准备阶段(图 2 课前准备),均以眼/耳为主要刺激方式;而在安排成长记录袋会议的讨论及评阅环节(图 2 实施阶段),以及翻转课堂、研讨式、PBL、互动式和启发式教学的讨论环节,则以动口、动脑为主要刺激方式;在完成成长记录袋作品的过程(图 2 实施阶段和

作品收集与评定阶段)中,学生需经历信息的搜集与整理、凝练主旨、构建文本架构、展开论述、吸收合理建议和归纳总结等一系列工序,为典型的动脑动手过程。

除此之外,在湖南科技学院教学安排中,细胞工程、组织培养实验、细胞生物学实验为同期开设课程。细胞工程中的三大基本技术,即组织培养技术、细胞培养技术、细胞融合技术,均包含在两门实验实践课程(细胞生物学实验中的动物细胞培养实验和细胞融合实验)中,组织培养实验中的愈伤组织诱导实验与植物组培成苗实验,又为细胞工程的相关章节的理论教学(图 1)提供了动手操作体验的契机与经验,进一步加深了学生对细胞工程课程知识的理解。

另外,考虑到理论课程的教学进度与关联实验课程的进度可能出现不一致的情况,尤其是在进入组织培养、细胞培养章节时,相关实验课程常常尚未同步跟进,作者会调用本团队的阶段性研究成果,如草莓、水稻、银杏等植物的组培苗和愈伤组织,供学生先行观赏,以实物示例教学的方式激发学生的学习兴趣。同时还专门安排时间,组织学生们现场观看植物愈伤组织诱导、外植体诱导成苗过程,并安排学生轮流参与到团队科研的实验准备、辅助操作、结果的观察与记录、异常情况的分析与处理过程中来。在不影响本团队科研进度的前提下,通过这种全方位、多维度的感官刺激,进一步提高细胞工程课程的整体教学效果。

3 多维立体式教学实施要点

总的来说,多维立体式教学是一种能充分体现主动教育本质^[21]和特点的教学模式,也是符合当前我国高等教育发展趋势、适应当代大学生受教育需求的一种切实可行的教学模式。结合作者多年从事生物工程/技术专业课程教

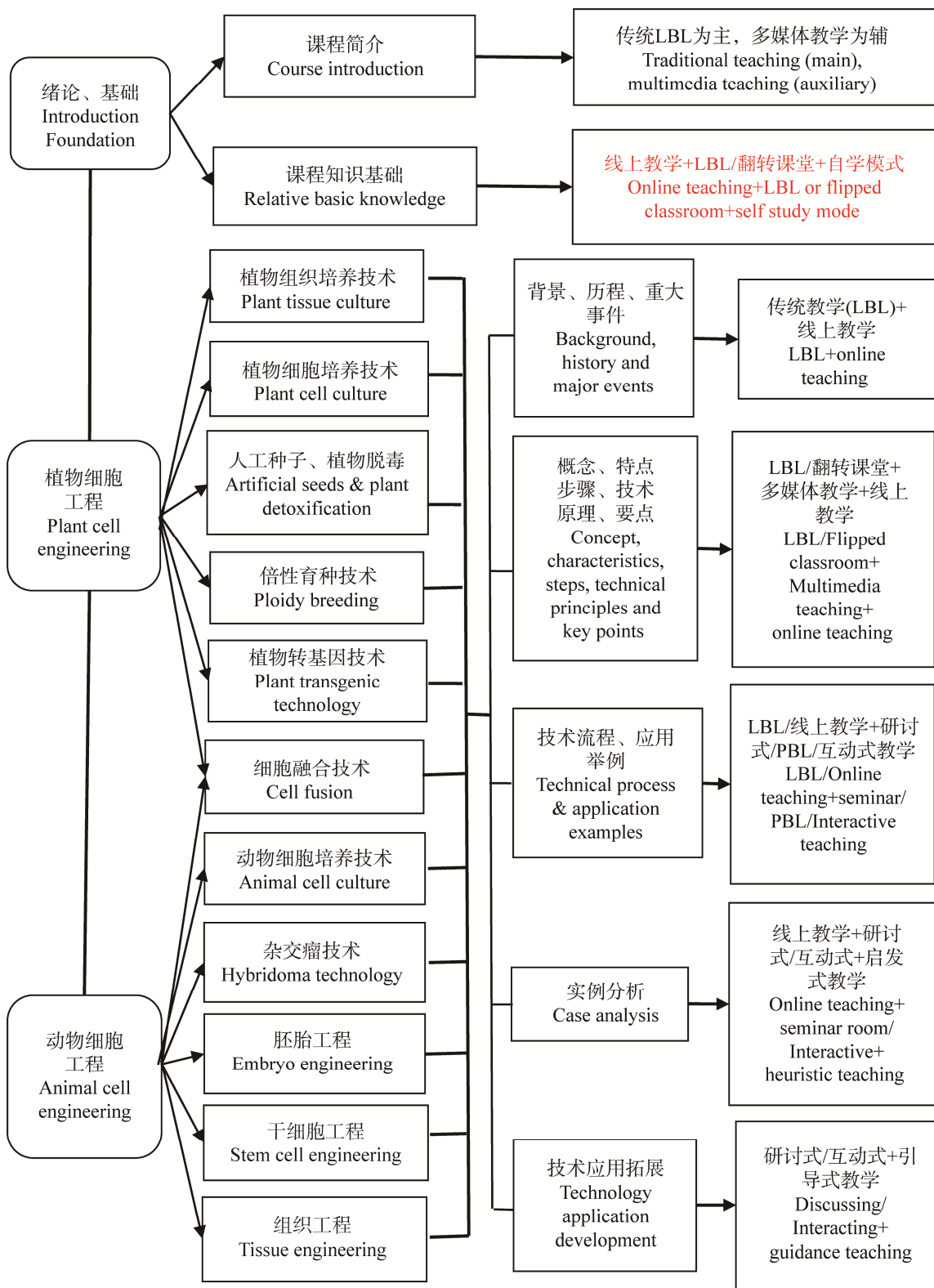


图 1 细胞工程课程施教形式分配图

Figure 1 Distribution of teaching forms of cell engineering.

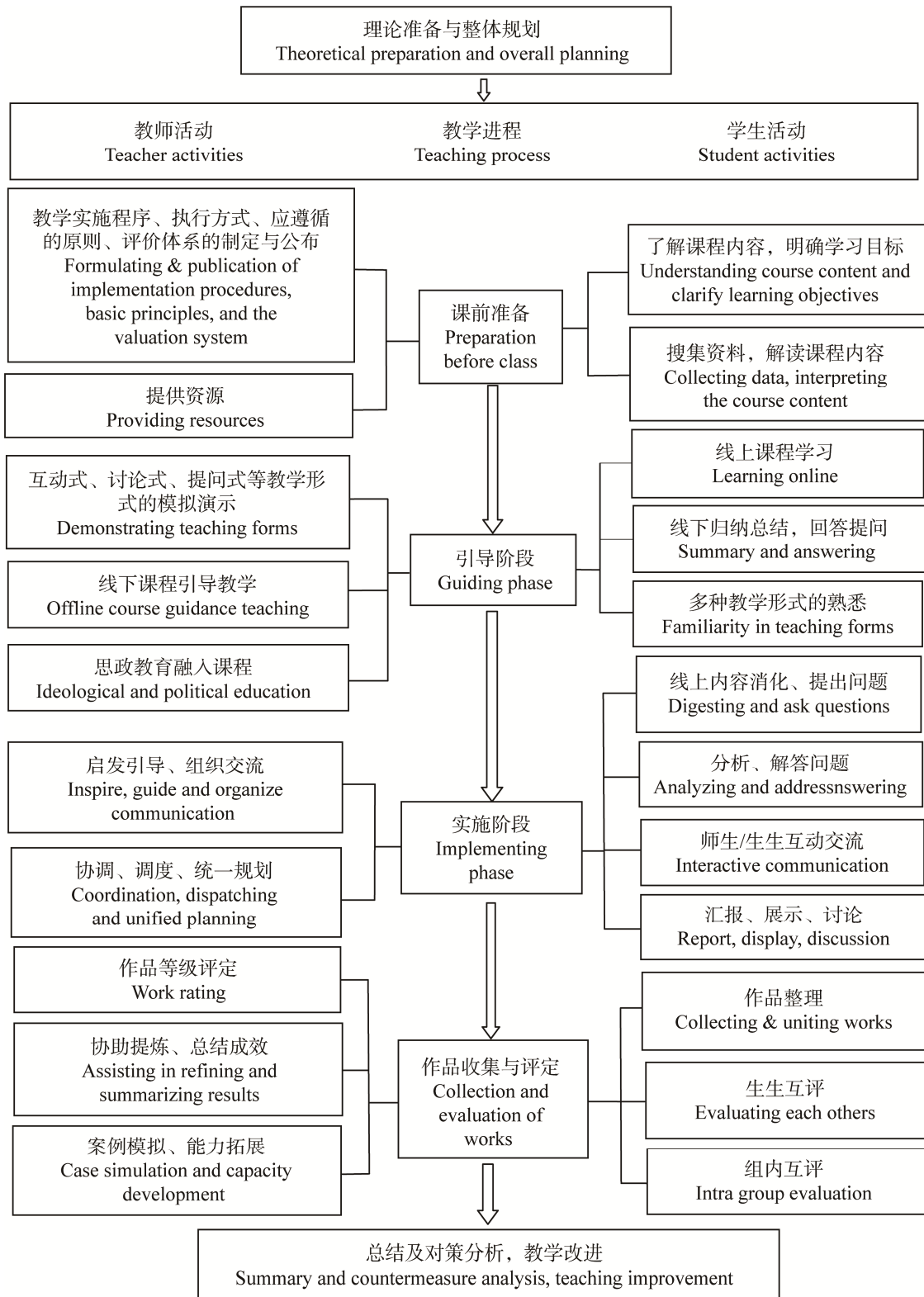


图 2 细胞工程多维立体教学环节的实施方

Figure 2 Implementation scheme of multidimensional teaching of cell engineering.

学工作、线上教学平台建设、多种教学形式的研究与实施等方面的经验,总结出在多维立体式教学过程中,需注意以下5个方面的要点。

3.1 传统课堂教学模式不可废

任何一种教学方式,都有其自身的优点和缺点,即使是传统的课堂教学法(LBL)也有其可取之处,LBL虽然不利于学生独立思考与创新能力的培养,但在理解知识深度和广度方面仍有不可替代的地位^[18],尤其对于涉及知识背景范围广、知识点繁琐抽象、概念及类型庞杂、体系构成庞大、机制抽象、专业发展迅速和行业技术迭代快的相关课程,不必排斥、更不能轻言废弃传统的LBL模式,应将LBL整合至课程教学框架内,充分发挥传统教学方法的优势。

3.2 实施范围需合理规划

教师在教授一门课程的过程中,一般倾向于多种手段并用的混合教学方式完成教学任务。因此,在施教前需对拟施教的课程就各教学方式的使用范围进行合理的规划,多维立体式教学模式也不例外。以“细胞工程”为例,在讲授绪论、细胞培养技术种类和规模化培养时,采取以LBL教学模式为主,与案例教学和比较归纳总结记忆法相结合的方式,并围绕生活中常见的产品或药物来授课(图1),一方面可以帮助学生迅速熟悉细胞工程学习的特点、并在教师的帮助下掌握知识重点;另一方面可以帮助学生找到合适的细胞工程学习方法,为后续的自主学习奠定基础。而在涉及细胞工程技术应用的讨论环节,可让学生带着老师提出的问题,先采取线上教学+翻转课堂的混合模式开展预习,再结合PBL、TBL、讲座和课堂展示等方式开展互动教学,这样既可避免因直接开展讨论教学而导致的师生交流不足、讨论深度不够、课程信息量不足的缺陷,又可增强相关知识的掌握程度,提高课堂教学效果。

3.3 实施方式要有一定的弹性

在开展多维立体式教学时,还需保证实施方式要有一定的弹性。这里的弹性,既指时间维度上的弹性,又包括空间维度上的弹性。在时间维度上,以教师为主的授课为第一阶段;在学生打好本课程基础后,教师引导学生开展提出问题、发现问题能力训练为第二阶段;开展以高级思维方式为主的主动学习为第三阶段。这3个教学阶段需依次稳步推进,以保证教学质量。需要说明的是,在时间维度的第三阶段,同样需要逐级分步进行,即教师应先就拟采用的互动形式加以演示,抑或选择有经验的学生先行示范,再正式实施(图2),不可操之过急。如基于网络课程资源平台的多维教学模式流程可大体按照以下3步进行:(1)在线学习+自主学习+师生互动的课前活动阶段;(2)课堂多维授课+教学互动+合作学习的课堂活动阶段;(3)课后活动+知识巩固+新知识预习的课后活动阶段。

在空间维度上,主要强调各个实施教学环节之间要有一定的缓冲空间,特别是一些面向不同专业的专业通识课程,在拟定实施方案时,要根据授课对象的不同,适当保留一定的弹性;即使是相同专业,不同年级、不同班级之间,其专业基础掌握程度、学习热情也有差异,故实施方案的拟定需综合考虑,预备好备案,保留一定的操作空间。

3.4 评价体系要同步配套

从优质课程构成的维度考虑,课程质量评价体系也可看作是“多维”立体式教学中的一维,因此,构建与课程高度匹配且合理、系统、规范的课程质量评价体系同样十分重要。鉴于国际上已有较为成熟的教育评价体系,且这些评价体系中的大量指标同样可应用于单门课程,如美国大学联盟(American University Alliance,

AAC&U)提出的 VALUE 和 STEMP 质量评价体系,故教师可直接通过借鉴、参考的方式,同时结合多维立体式教学中各种教学形式的组成与比重、重点训练/考察能力的种类、课程教学目标、学院/学校人才培养目标等,制定相应的课程教学效果评价体系。

一个完整的课程教学效果评价体系至少应该包含以下几个方面:课堂气氛、学生学习兴趣、师生交流程度和讨论的参与度^[22]、分析问题的深度与广度、课堂出勤率、基本理论和技能的掌握情况和知识运用的熟练度。在进行教学质量评价指标的初步设计时,固然可以以国际通行的质量评价体系为准,但在相关指标细化过程中需注意就教学过程的实际情况作相应的调整。此外,还应注意明确各指标的权重,一般来讲,不建议对目标层和准则层的权重进行修改,而只在方案层或次级层次进行调整。如笔者^[23]在借鉴 STEM 课程问题解决能力评价标准^[24]评价学生解决问题能力时,就采取了降低维度的处理方式,而对整个能力评价体系并未做根本性的改变,保证了质量评价体系的完整性。

3.5 教师的引导作用需进一步体现

在拟采取多维立体式教学之前,主教应有实施多种教学模式的经验,一般不建议缺乏实际教学经验的教师采取这种教学模式。在开展多维立体教学规划之初,教师应首先了解待教授学生的整体学习情况,再在此基础上做好顶层设计。若学生基础扎实,可适当缩短准备阶段时长,同步加大引导阶段的难度或深度;若学生基础一般,则应加大实施阶段的干预力度,除敦促学生完成相应任务的效率外,还应关注学生完成任务的质量,对于其中完成质量不高者/组,教师除在规划好的课时外,还应额外抽出一定的时间予以单独指导,同时延长实施阶

段的时长,给予学生足够的完成时间,循序渐进地引导学生完成知识的消化吸收,并能加以运用。

对于理论课程,教师除使用多种教学手段实现多维刺激、强化高级思维训练,引导学生掌握相应的理论知识外,还应鼓励、发掘、整合甚至是创造出更多的参与学习的机会,包括与专业相关的科学竞赛、项目实施、能力展示与评比等活动,抑或是直接提供实验平台供学生使用。总之,教师需尽最大可能激发学生对课程的兴趣,并能以实践过程中的各种现象、问题为切入点,适时引导学生展开分析、拟定对策,强化知识的综合运用能力培养。

4 改革成效

继 2019 年在细胞工程专业课程开展成长记录袋评价法教学后,作者又在原基础上对该课程的教学顶层设计、培养训练综合能力的方式方法、课程知识点与教学方式的结合形式,以及课程质量考核评价体系(表 1)等方面进行了全面改进,并加以实施。其中有两方面的材料最能体现教学改革成效:一是作品(综述)质量变化,与初稿相比,95%以上组的综述终稿无论是在主题切入点的把控、技术背景的了解程度、过程分析的条理性,以及结论阐述的严密性等方面均有不同程度的提升;以个人所负责部分的质量计,则约有 50%学生的综述质量在各项考核指标上提升幅度巨大,其中终稿各项均为优秀者占 12%左右,良好者占 30%左右;二是期末考试综合设计题得分情况变化,与单独开展成长记录袋评价法教学效果相比(前提是学生基本质量无太大变化),尽管得全分的优秀比例前后变化不大,然而分析因素不全但解决方案合理、设计的结构较为完整的良好者的比例则提高至 30%左右。从上述改革成效看,基

于成长记录袋评价的多维立体式教学,能够帮助学生提高分析、解决与细胞工程技术相关专业问题的能力,且能够提高一部分学生的学习兴趣,增强学生的自主性、探索欲和求真欲,增强学生的专业认同感。

为进一步了解细胞工程教学改革成效,作者对2018级生物工程专业69人开展了问卷调查。教学效果调查结果显示,所有学生均认为本课程的教学对学习有帮助,除少部分学生认为此种教学形式对专业文献阅读能力的提高无太大帮助之外,对提高本课程知识体系的认知水平、自身综合分析能力的提升、生物类其他专业课程的学习均表示了较大的肯定(表2)。教学满意度调查结果显示,所有学生对采取的档案袋评价和案例教学这两种形式总体满意程度

较高,尤其是档案袋评价法,“非常满意”比例接近90%,表明为每位学生建立独立的学习档案能够获得学生的高度认可,应在今后的教学过程中大力推广(表3);此外,互动教学和线上教学均有学生认为教学效果不理想,其原因可能在于:(1)线上课程总体质量仍需提高,这也是今后细胞工程教学质量建设的重点;(2)上课人数影响了互动教学的效果,一部分学生未能积极参与到讨论中来,在后续的教学过程中,将根据学生的专业基础与学习能力进行分组,同时组织教学团队内的教师辅助教学,以保证每位学生的参与程度。

综上所述,多维立体式教学模式在深化本科教育教学改革、全面提高人才培养质量方面具有独特的优势和巨大的潜力。本团队在实施

表1 课程质量考核评价体系

Table 1 Course quality assessment and evaluation system

考核评价体系结构组成 Composition of the assessment and evaluation system	A: 平时表现 Daily performance	B: 随堂作业 Classroom assignments	C: 讨论 Discussion	D: 作品 Works	E: 考试 Examination
各项评分占比 Proportion of each section (%)	10	10	10	40	30

平时表现:指线上/线下课程、成长记录袋评价会议的参与情况;随堂作业:围绕各章节知识点开展的练习;讨论:指围绕课程重点内容展开的专题讨论情况;作品:这里指综述,由评阅他人文本质量(20%)和个人完成作品质量(20%)两部分组成

Daily performance: The participation in online/offline courses, growth record bag evaluation meetings; Classroom assignments: Exercises conducted around the knowledge points of each chapter; Discussion: The thematic discussion surrounding the key content of the course; Work: Refers to a review, which consists of two parts, evaluating the quality of others' texts (20%) and evaluating the quality of individual completed works (20%).

表2 教学效果调查表

Table 2 Teaching effect questionnaire

教学效果 Teaching effect	课程知识体系 Curriculum knowledge system	文献阅读能力 Literature reading ability	综合分析能力 Comprehensive analysis ability	相关课程的学习 Study of relevant courses	整体效果 Overall effect
帮助不大 Limited help (%)	0	7.2	0	0	100
有帮助 Helpful (%)	58.0	75.4	66.7	72.5	
帮助极大 Great help (%)	33.3	17.4	31.3	27.5	

表3 教学满意度调查表

Table 3 Teaching satisfaction questionnaire

满意度 Satisfaction	线上教学 Online teaching	档案袋评价 Portfolio assessment	互动教学 Interactive teaching	案例教学 Case-based teaching	整体满意度 Overall satisfaction
不满意 Unsatisfied (%)	4.3	0	7.2	0	100
满意 Satisfied (%)	56.5	11.6	66.7	76.8	
非常满意 Very satisfied (%)	39.2	88.4	26.1	23.2	

教学过程中,以线上/线下混合教学为主,以研讨式、主体互动式、PBL 式等多种形式为辅;以激发学生兴趣为核心,以教师引导、启发为补充;以实用性、应用性为导向,以多维度感官刺激为手段,以师生/生生互动为桥梁,以成长记录袋评价为保障,充分调动了学生学习的主动性,转变了学生的学习方式,改善了学生的学习习惯,提高了学生的知识综合运用能力,为深化大学教学教育改革提供了一种可供参考的教学模式。

REFERENCES

- [1] 梁颖. 不列颠哥伦比亚大学多维立体教学模式初探[J]. 高等教育研究学报, 2020, 43(2): 82-87.
LIANG Y. Perceptual understanding of the multidimensional and stereoscopic teaching model in the university of British Columbia[J]. Journal of Higher Education Research, 2020, 43(2): 82-87 (in Chinese).
- [2] ANDERBERG E, NORDÉN B, HANSSON B. Global learning for sustainable development in higher education: recent trends and a critique[J]. International Journal of Sustainability in Higher Education, 2009, 10(4): 368-378.
- [3] LIU XJ, BONK CJ, MAGJUKA RJ, LEE SH, SU BD. Exploring four dimensions of online instructor roles: a program level case study[J]. Online Learning, 2019, 9(4): 29-48.
- [4] BERGE ZL. Changing instructor's roles in virtual worlds[J]. Quart Rev Distan Edu, 2009, 9(4): 407-415.
- [5] STERIN HH. Toward a multidimensional foreign language curriculum[M]//MEAD RG (Eds.). Foreign Languages: Key Links in the Chain of Learning. Rep NE Confer Teach Foreign Lang, 1983: 120-146.
- [6] 罗竞. 介绍斯特恩的“多维教学方案”: 兼谈美国外语教学方案理论的发展[J]. 外语教学与研究, 1991, 23(2): 51-54, 80.
LUO J. Analysis of stern's multidimensional model[J]. Foreign Language Teaching and Research, 1991, 23(2): 51-54, 80 (in Chinese).
- [7] CANALE M, SWAIN M. Theoretical bases of communicative approaches to second language teaching and testing[J]. Applied Linguistics, 1980, 1(1): 1-47.
- [8] 俎云霄, 李巍海, 尹霄丽, 张勇, 侯宾. 基于“互联网+”的混合教学模式研究与实践[J]. 电气电子教学学报, 2019, 41(4): 103-106.
ZU YX, LI WH, YIN XL, ZHANG Y, HOU B. Study and practice of mixed teaching mode based on Internet+[J]. Journal of Electrical & Electronic Education, 2019, 41(4): 103-106 (in Chinese).
- [9] 李荣, 李白萍. 多维立体教学法在《微波与卫星通信》教学中的应用[J]. 武汉大学学报(理学版), 2012, 58(S2): 145-146.
LI R, LI BP. Application of three-dimensional method in theory teaching of microwave and satellite communication[J]. Journal of Wuhan University (Natural Science Edition), 2012, 58(S2): 145-146 (in Chinese).
- [10] 阮德生, 陈银良. 多媒体创造多维化大学教学模式[J]. 中国电子教育, 1996(2): 20-22.
RUAN DS, CHEN YL. Multimedia creation and multidimensional university teaching model[J]. Electronic Education China, 1996(2): 20-22 (in Chinese).
- [11] LACEY PA, VITRON SK, CARRIER BJ, STANO CD. A multidimensional teaching-learning strategy for the nursing process[J]. Nurse Educator, 1988, 13(4): 19-23.
- [12] GRADL-DIETSCH G, KORDEN T, MODABBER A, SONMEZ TT, STROMPS JP, GANSE B, PAPE HC, KNOBE M. Multidimensional approach to teaching

- anatomy—do gender and learning style matter?[J]. *Annals of Anatomy-Anatomischer Anzeiger*, 2016, 208: 158-164.
- [13] 张继刚, 郑丽红, 李运璋, 丑国珍, 杨洁. 多维跨界互动式教学模式创新的实践探讨[J]. *高等建筑教育*, 2019, 28(3): 110-115.
ZHANG JG, ZHENG LH, LI YZ, CHOU GZ, YANG J. Discussion on the practice of multi-dimensional cross-border interactive teaching innovation[J]. *Journal of Architectural Education in Institutions of Higher Learning*, 2019, 28(3): 110-115 (in Chinese).
- [14] 陈丽萍. 多维立体信息化教学方法在图形图像课程中的应用研究[J]. *济南职业学院学报*, 2018(6): 42-44, 49.
CHEN LP. Application of multi-dimensional information teaching method in graphics and image course[J]. *Journal of Jinan Vocational College*, 2018(6): 42-44, 49 (in Chinese).
- [15] 朱冬云, 李粤, 廖宇兰. 多维教学模式在《工程制图》教学中的探索与实践[J]. *热带农业工程*, 2015, 39(2): 73-76.
ZHU DY, LI E, LIAO YL. Multidimensional teaching mode and practice in Engineering Drawing Teaching[J]. *Tropic Agril Engineer*, 2015, 39(2): 73-76 (in Chinese).
- [16] 苗颖, 马俪珍, 黄宗海, 肖萍, 刘朝华. 食品机械与设备课程教学模式的改革与探索[J]. *中国教育技术装备*, 2015(18): 123-124.
MIAO Y, MA LZ, HUANG ZH, XIAO P, LIU CH. Reform and exploration of teaching mode of food machinery and equipment[J]. *China Educational Technology Equipment*, 2015(18): 123-124 (in Chinese).
- [17] 张宏建. 应用型高校“多维互动教学模式”的必要性及美国经验借鉴[J]. *江西电力职业技术学院学报*, 2019, 32(7): 33-34.
ZHANG HJ. The necessity of “multidimensional interactive teaching mode” in application-oriented universities and the reference of American experience[J]. *Journal of Jiangxi Vocational and Technical College of Electricity*, 2019, 32(7): 33-34 (in Chinese).
- [18] 李焯. 多维教学法在药学专业药理教学中的设计与应用[J]. *医学教育管理*, 2017, 3(S2): 40-42, 50.
LI Y. Design and application of multidimensional teaching method in pharmacology teaching of Pharmacy Specialty[J]. *Medical Education Management*, 2017, 3(S2): 40-42, 50 (in Chinese).
- [19] 吕林海, 龚放. 美国本科教育的基本理念、改革思路及其启示—基于 AAC&U 的相关研究[J]. *教育发展研究*, 2012(3): 43-49.
LV LH, GONG F. Analyzing the basic ideas and policy report on undergraduate education of AAC&U and the significance[J]. *Express Educational Development*, 2012(3): 43-49 (in Chinese).
- [20] 余响华, 邵金华, 刘小文, 张永, 廖阳. 成长记录袋评价法提升细胞工程课堂教学质量[J]. *生物工程学报*, 2021, 37(4): 1443-1449.
YU XH, SHAO JH, LIU XW, ZHANG Y, LIAO Y. Promoting teaching quality by portfolio assessment in Cell Engineering classroom[J]. *Chinese Journal of Biotechnology*, 2021, 37(4): 1443-1449 (in Chinese).
- [21] 李玉存, 马国琴. 主动教育的本质特点与实践原则[J]. *教育研究*, 1995(10): 73-76.
LI YC, MA GQ. The essential characteristics and practical principles of active education[J]. *Educational Research*, 1995(10): 73-76 (in Chinese).
- [22] 蔡红梅, 许晓东. 高校课堂教学质量评价指标体系的构建[J]. *高等工程教育研究*, 2014(3): 177-180.
CAI HM, XU XD. Construction of quality evaluation system of classroom teaching in colleges and universities[J]. *Research High Education and Engineering*, 2014(3): 177-180 (in Chinese).
- [23] 余响华, 廖阳, 刘永昌, 张永, 刘小文. 以地方高等院校“微生物代谢调控”课程教学改革为例深化教学改革和提升本科人才质量[J]. *微生物学通报*, 2020, 47(4): 1148-1154.
YU XH, LIAO Y, LIU YC, ZHANG Y, LIU XW. Deepening teaching reform and improving the quality of undergraduate talents: taking the teaching reform of Microbial Metabolism Regulation in local colleges and universities as an example[J]. *Microbiology China*, 2020, 47(4): 1148-1154 (in Chinese).
- [24] 危怡. STEM 教育中的问题解决评价研究[D]. 上海: 华东师范大学硕士学位论文, 2019: 53-55.
WEI Y. Research on problem solving evaluation in STEM education[D]. Shanghai: Master's Thesis of East China Normal University, 2019: 53-55 (in Chinese).

(本文责编 郝丽芳)