

虚拟仿真实验教学资源在生物工程专业毕业设计教学环节的应用探索

李敏 魏兆军 倪志婧 许建韧

(北方民族大学生物科学与工程学院 宁夏银川 756000)

摘要: 虚拟仿真实验教学课程是我国教育部重点打造的五大“金课”之一,具有内容丰富、技术先进、开展方式灵活等特征,目前在大学工科学生的培养中应用广泛。生物工程专业是典型的复合型工科专业,毕业设计是本科教学的最后一个环节,在该教学环节中引入虚拟仿真教学资源,有助于强化学生工程思维、提升学生独立解决专业实践问题等能力,极具探索和实践价值。

关键词: 虚拟仿真实验, 毕业设计, 应用, 生物工程专业

Application of Virtual Simulation Experiment Resources in the Graduation Design of Bioengineering Major

Abstract: The virtual simulation experiment teaching project is one of the five national “Golden courses” launched by the Ministry of Education. It has the characteristics of rich content, advanced technology and flexible teaching methods, and is widely used in the cultivation of engineering students. Biological engineering is a typical comprehensive engineering major, and the graduation project is the last step in its undergraduate teaching process. Introducing the virtual simulation resources to the graduation design, is benefit to strengthen students' engineering thinking and improve their ability to solve practical problems independently. This exploration has great practical value.

Keywords: Virtual simulation experiment, Graduation design, Application, Bioengineering major

在教育部《关于一流本科课程建设的实施意见》中明确指出,国家级一流本科课程包括线上一流课程、线下一流课程、线上线下混合式一流课程、虚拟仿真实验教学一流课程和社会实践一流课程5种类型^[1]。其中,虚拟仿真实验是利用计算机、互联网等技术开发的用仿真软件模拟现实的实验效果和实验操作的实验教学平台;学生在该平台上自主操作完成实验流程,但不涉及到传统实验教学中必备的器材、原料和真实时长等。虚拟仿真实验教学是推进现代信息技术融入实验教学项目、拓展实验教学内容广度和深度、延伸实验教学时间和空间、提升实验教学质量水平的重要举措^[2]。与其他4类课程相比,虚拟仿真实验教学课程具有技术含量较高、建设难度较大、在我国起步时间较晚等特征^[3,4]。

毕业设计是工科专业本科教育过程的最后一个环节,旨在锻炼与考察学生综合运用本科所学知识、技能及各种资源解决专业领域实际问题的能力,是本科教学过程中培养和检验学生工程能力、创新能力和社会实践能力最重要的一个环节。生物工程以现代生物工程技术及其产业化的原理、工艺过程和工程设计等为研究内容,是一门复合型、前沿型的应用学科,生物工程专业肩负着为生物制药、食品、农林等产业培育产品研发、生产监控、质量检测等才人的重任^[5,6]。然而,部分高校生物工程专业受限于工程背景教师人数少、产学校企联动起步晚、毕业设计质量管理与评价体系陈旧等主观因素的制约,毕业设计环节存在现代化资源应用不足、整体教学水平偏低、学生工程素养培育力度欠缺等问题,未能达到新工科建设背景下生物工程专业的培养目标^[7]。在教育理念不断更新和创新的当代,教师已经不再是知识传递的唯一途径。与传统线下教育相比,网络教育运用信息技术和互联网平台,能够高效配置和优化教育资源,并形成广泛的以互联网为基础的传播途径和实施形势。虚拟仿真实验教学是现代化网络教育的突出代表。将虚拟仿真实验教学引入毕业设计教学环节,充分利用虚拟仿真实验教学的技术先进性、内容覆盖面广、实验做法灵活等优势,以其作为生物工程专业毕业设计运行方式变革和质量提升的内生变量之一,极具探索和实践价值。

一、虚拟仿真实验教学纳入毕业设计环节的适用性

1、虚拟仿真实验教学内容与专业实践需求高度吻合

在虚拟仿真实验教学项目立项筛选过程中,坚持问题导向和坚持需求导向是两个重要的评审指标。坚持问题导向,即项目内容需重点解决现实实验过程中运行困难、高成本、高耗能、高危险、不可逆等实验项目的实施困难;坚持需求导向,即项目内容需紧密结合社会经济发展对专业人才的需求特征,紧密结合专业特色和行业产业发展的最新成果。上述评审原则从根本上保障了虚拟仿真实验教学资源与相关专业行业实践问题之间的良好吻合关系,极大地拓展了实验教学项目内容的广度与深度。多元化的虚拟仿真实验

教学内容与毕业设计中多元化的选题相契合,学生在毕业设计实施过程中面临的实践经历少、对相关产业运行规律不清楚、生产流程不详问题,都可以诉诸于虚拟仿真实验教学资源,从中筛查并寻求答案。

2、虚拟仿真实验教学目的与毕业设计教学环节的培养目标高度契合

虚拟仿真实验教学项目实验内容往往是教师前期大量的科学研究、工艺流程运行数据的集成,其反馈出的专业知识内容、技术和成果较传统线下实验而言,往往具备更宽广的知识面、更先进的实验技术以及综合性更强的实验成果,知识面不仅囊括本专业领域的,也涉及与本专业交叉的其他专业领域的相关实验方法和技术。学生开展虚拟仿真实验教学项目学习的过程,实质上是在自身已掌握的一定知识和技能的基础上,运用本专业的知识、技能和方法进行综合性训练的过程;此外,交互式的虚拟仿真互动,能够一定程度锻炼学生设计实验方案、拟定实验步骤、选择实验仪器(设备)、独立操作完成、分析实验结果、辨别异常实验现象和解决相关问题的能力。这一复合型训练过程,与本科毕业设计巩固、深化和升华学生专业理论知识,培育学生分析和解决问题能力、创新能力、工程实践能力等培养目标高度契合。

3、虚拟仿真实验教学方式灵活,适于毕业设计环节按需采纳的应用需求

虚拟仿真实验教学具有跨越教学时空、突破时空限制的特点,可供学习者根据自身条件和需要选择学习内容、方式和进程,随时随地接入,有网络的地方就可以实施。此外,虚拟仿真实验教学综合应用多媒体、大数据、三维建模、人工智能、人机交互、云计算等网络化、数字化、智能化技术手段,有效提高了实验教学项目的吸引力和教学质量,有利于解决特定专业问题,特别适合于毕业设计运行环节不同选题学生个性化的学习。

4、虚拟仿真实验教学结果可量化评价,有助于毕业设计教学环节多元化考评

教学结果评价是虚拟仿真实验教学闭环运行的重要内容,其评价要素一般被设计成多个基本点,对每个基本点的完成情况与评分进行分析,从而形成整个实验项目的总评分。在目前已开发的诸多虚拟仿真实验教学项目中,设计的评价体系能够对学生的知识、技能和素质等进行全方位全过程的监测与评价,评价环节覆盖实验目的、实验原理、实验方法、实验步骤、数据处理、实验结果与结论等部分。将虚拟仿真实验引入毕业设计环节的同时,将虚拟仿真实验设计过程性评价体系的建设和多元化考核体系的构建。

二、适用于生物工程专业毕业设计环节的虚拟仿真实验教学资源统计

生物工程专业是一门涉及微生物学、细胞生物学、生物化学、基因工程、细胞工程、发酵工程、酶工程和化学工程等多学科的工程技术学科,要求毕业生具备在生物技术与工程领域从事设计、生产、管理和新技术研究、新产品开发的基本能力。在培养过程中,注重培养学生抽象问题思考分析能力、综合实践能力等;而学生在校培养成果如何,毕业设计是学生综合运用所学理论和技能解决实际问题的集中训练,是提高教学质量的最后一个环节,也是检验学生相关知识技能掌握程度的重要措施。在毕业设计环节,不同学生具有不同的选题背景、内容和实施方案等,但均要求学生就选定的课题进行工程设计和研究(包括设计、计算、绘图、工艺技术、经济论证以及合理化建议等)。相应地,开展生物工程专业毕业设计环节培育方式的改革与实践,将虚拟仿真实验引入毕业设计的教学环节,利用虚拟仿真平台为学生提供一套全新的沉浸式的学习系统,将虚拟仿真实验的探索性、开放性和具有一定难度的综合性实验特征与毕业设计环节的训练目的有机融合,是短时间内快速提升生物工程专业毕业设计教学质量的一个极具探索价值的途径;而技术先进成熟、内容多元全面的虚拟仿真实验教学平台,使这一途径实施的硬件基础。

在虚拟仿真实验教学创新联盟技术工作委员会发布的 2020 年版《虚拟仿真实验教学课程建设指南》中,将学科专业划分为基础类、机械类、信息类、土建类、化环类、生物类、医学类和文科类 8 个领域,每一个虚拟仿真实验教学课程被相应划分至各个领域,以避免建设过程中的重复投入和资源浪费。根据《教育部关于公布首批国家级一流本科课程认定结果的通知》^[9],教育部已认定 728 门国家虚拟仿真实验教学一流课程;其中,适于生物工程专业毕业设计环节使用借鉴的课程如表 1 所示,课程链接见国家虚拟仿真实验教学课程共享平台(<http://www.ilab-x.com/>),以上资源表明在我国已初步形成了适于生物工程专业开放共享的虚拟仿真实验教学体系,国家虚拟仿真实验教学课程共享平台往往能提供与学生选题类似的课程。例如,针对生物工程专业毕业设计常见选题,如“XXX 生产线的设计”和“XXX 生产车间的设计”,引入相关虚拟仿真实验资源,学生可以就工程设计、设备仿真、工艺仿真、生产操作、工艺验证等模块进行学习和借鉴,并通过虚拟场景中的设备添加、自由拼装、构建不同生产线/生产车间等操作,使学生在虚拟仿真软件、沉浸式硬件和实体设备“三位一体”的交互教学中,提升实践能力 and 自主创新能力,对于综合性人才的培养和毕业设计环节教学质量的强化具有十分积极的意义^[9]。

表 1 适于生物工程专业选用和借鉴的国家级虚拟仿真实验教学一流课程汇总(截至 2020 年 11 月)

序号	课程名称	课程负责人	主要建设单位	所属专业类
1	植物细胞规模化生产及产物分析虚拟仿真实验	李玉花	东北林业大学	生物科学类
2	动物胚胎工程虚拟仿真实验	刘忠华	东北农业大学	生物科学类
3	啤酒工艺虚拟仿真实验教学	冯家勋	广西大学	生物科学类
4	糖化酶催化啤酒发酵工艺虚拟仿真实验	庄英萍	华东理工大学	生物科学类
5	生物大分子分离纯化综合设计虚拟仿真实验	余龙江	华中科技大学	生物科学类
6	固态白酒发酵的工艺原理和生物学本质探究虚拟仿真实验	梁运祥	华中农业大学	生物科学类
7	放射性同位素标记核酸分子杂交虚拟仿真实验	许文亮	华中师范大学	生物科学类
8	虚拟仿真基因工程方法制备 ScFv 抗体大实验	梁宗锁	浙江理工大学	生物科学类
9	食用菌功能性饮料生产工艺虚拟仿真实验	刘敬泽	河北师范大学	生物科学类
10	水产经济动植物人工繁育虚拟仿真实验	王伟	大连海洋大学	生物科学类
11	细胞动态虚拟仿真实验—被子植物双受精	苏都莫日根	北京大学	生物科学类

12	淀粉酶高产菌的筛选、诱变、鉴定及应用虚拟仿真实验教学项目	陈广文	河南师范大学	生物科学类
13	23 价肺炎球菌多糖疫苗 GMP 生产制备实验	林宏辉	四川大学	生物科学类
14	药剂学 GMP 虚拟仿真综合实训系统(注射用冷冻干燥制品生产线)	苍晶	东北农业大学	生物科学类
15	橄榄叶中羟基酪醇的分离分析鉴定虚拟仿真实验	孔宇	西安交通大学	生物科学类
16	生物实验安全与防护虚拟仿真实综合实验	赵忠	中国科学技术大学	生物科学类
17	黄河三角洲湿地生态系统演替与修复实验	郭卫华	山东大学	生物科学类
18	蛋白质空间结构及其组装虚拟仿真实验	张洪海	曲阜师范大学	生物科学类
19	动物细胞培养	苗雨晨	河南大学	生物科学类
20	病毒感染与检测虚拟仿真实综合实验	郭明雄	武汉大学	生物科学类
21	单克隆抗体制备及应用	石德时	华中农业大学	生物科学类
22	抗逆基因的分离克隆与表达分析	周晓明	湖南农业大学	生物科学类
23	光合作用光能的吸收、转化及不同类型植物的光合测定与应用的虚拟仿真	彭长连	华南师范大学	生物科学类
24	果蔬汁加工工艺实验	廖小军	中国农业大学	食品科学与工程类
25	1000 吨/日毛麦清理虚拟仿真实验	李文钊	天津科技大学	食品科学与工程类
26	太行山特色果品浓缩果浆加工虚拟仿真实验教学项目	桑亚新	河北农业大学	食品科学与工程类
27	特色海珍品加工及质量安全控制	朱蓓薇	大连工业大学	食品科学与工程类
28	婴儿配方乳粉加工虚拟仿真实验	李晓东	东北农业大学	食品科学与工程类
29	鱼油提取与精制虚拟仿真实验	陶宁萍	上海海洋大学	食品科学与工程类
30	乳化肠规模化生产的虚拟仿真实验	周光宏	南京农业大学	食品科学与工程类
31	粮食仓储磷化氢环流熏蒸虚拟仿真实验教学项目	胡秋辉	南京财经大学	食品科学与工程类
32	亚热带特色果汁真空浓缩虚拟仿真实验	庞杰	福建农林大学	食品科学与工程类
33	鱼糜及其制品工业生产全流程仿真	曾名湧	中国海洋大学	食品科学与工程类
34	粮油工程虚拟仿真实验教学项目	王殿轩	河南工业大学	食品科学与工程类
35	健康食品良好生产虚拟仿真实践与设计	李晓玺	华南理工大学	食品科学与工程类
36	吐司面包生产工艺 3D 虚拟仿真实验	郭晓强	成都大学	食品科学与工程类
37	银杏嫩枝扦插育苗虚拟仿真实验	汪贵斌	南京林业大学	植物类
38	被子植物营养器官建成虚拟仿真实验	张彪	扬州大学	植物类
39	模式植物拟南芥 CRISPR/Cas9 基因编辑虚拟仿真实验	吴敏	浙江大学	植物类
40	基因编辑对拟南芥花药发育及结构的影响	余潮	南昌大学	植物类
41	玉米螟发生与绿色防控虚拟仿真实验	许永玉	山东农业大学	植物类
42	设施植物生产系统设计建造与智能化虚拟仿真实验	贺忠群	四川农业大学	植物类

43	秦岭珍稀濒危药用植物保育及规范化生产虚拟仿真实验教学项目	孙燕	陕西师范大学	植物类
44	林木良种多圃配套育苗技术虚拟仿真实验	王君	北京林业大学	植物类
45	植物根的结构与功能虚拟仿真实验教学项目	贺晓	内蒙古农业大学	植物类
46	杨树良种组培再生虚拟仿真实验	尹佟明	南京林业大学	植物类
47	转基因水稻培育虚拟仿真综合实验	陈浩	华中农业大学	植物类
48	鸡胚孵化及蛋鸡饲养虚拟仿真实验教学项目	王恬	南京农业大学	动物类
49	家禽病毒性传染病疫苗的生产应用虚拟仿真实验	姜世金	山东农业大学	动物类
50	淡水经济鱼类人工繁殖虚拟仿真实验	曹小娟	华中农业大学	动物类
51	猪遗传育种关键技能虚拟仿真综合训练	蒋思文	华中农业大学	动物类
52	猪养殖虚拟仿真和远程互动实验教学项目	胡建和	河南科技学院	动物类
53	河蟹池塘生态育苗虚拟仿真实验教学	王成辉	上海海洋大学	动物类
54	高致病性病原微生物检测虚拟仿真实验	彭大新	扬州大学	动物类
55	新兴模式动物文昌鱼繁育的虚拟仿真实验教学	李勤喜	厦门大学	动物类
56	奶牛人工授精虚拟仿真实习	张忠远	东北农业大学	动物类
57	优质蜂毒的采收虚拟仿真实验教学项目	杨文超	福建农林大学	动物类
58	牛的肌肉及内脏虚拟仿真解剖实验	李勇	江西农业大学	动物类
59	模式动物斑马鱼养殖和显微操作技术	赵晶	山东大学	动物类
60	黄羽肉鸡饲养及性能测定虚拟仿真实验	江青艳	华南农业大学	动物类
61	病毒的血凝及血凝抑制虚拟仿真实验	周雨霞	内蒙古农业大学	动物类
62	奶牛消化系统解剖及相关疾病诊疗	崔瑾	南京农业大学	动物类
63	斑马鱼胚胎发育重要阶段观察	王兰	山西大学	动物类
64	高致病性禽流感诊断虚拟仿真实验	廖明	华南农业大学	动物类
65	青霉素工业化生产仿真实验	李建颖	天津商业大学	化工与制药类
66	生物药物重组人干扰素 α 2b注射剂生产线的虚拟仿真实验	史劲松	江南大学	化工与制药类
67	BSL-2实验室中流感病毒分离鉴定虚拟仿真实验	彭宜红	北京大学	基础医学类
68	蛋白质表达纯化及其结构解析虚拟仿真实验	李冬民	西安交通大学	基础医学类
69	循环水养殖系统构建虚拟仿真实验	罗国芝	上海海洋大学	农业工程类
70	重组人成纤维细胞生长因子冻干制剂生产虚拟仿真实验	林丽	温州医科大学	药学类
71	根茎类中药材现代化前处理虚拟仿真实验	赵燕燕	河北大学	药学类
72	基因工程技术制备门冬酰胺酶(冻干粉针)工艺的虚拟仿真	吕正兵	浙江理工大学	药学类

	实验			
73	重组SOD2蛋白中试规模制备的虚拟实验教学项目	周光雄	暨南大学	药学类
74	定量蛋白质组学研究虚拟仿真实验	赵鲁杭	浙江大学	医学基础类
75	HIV感染免疫诊断的虚拟仿真实验	郑晓群	温州医科大学	医学基础类
76	生物安全三级实验室人员物品进出流程与防护装备穿戴技术虚拟仿真实验	吴忠道	中山大学	医学基础类
77	禽流感病毒分离与鉴定虚拟仿真实验	张增峰	广西医科大学	医学基础类
78	实验室安全VR教学系统	李春鸣	遵义医科大学	医学基础类
79	西部地区高发人兽共患传染性疾病的病原检测、鉴定及诊断	张万江	石河子大学	医学基础类
80	结核分枝杆菌实验室检测的虚拟仿真项目	谢轶	四川大学	医学技术类

三、毕业设计环节柔性使用虚拟仿真教学资源建议

1、构建与虚拟仿真教学资源利用相配套的毕业设计运行框架
学校/学院可以以培养方案对学生逻辑思维、工程实践、科技创新等能力素养培育的目标为出发点，以工程实践技能训练为教学主线，参照国家、行业相关从业资格标准，进行毕业设计环节教学框架、重点内容等的规划设计，将虚拟仿真实验教学纳入毕业设计环节，形成新的教学大纲、考评标准等指导性教学文件。

2、构建能够持续更新与共享的虚拟仿真教学资源库

2021年4月6日教育部公布了《教育部办公厅关于开展第二批国家级一流本科课程认定工作的通知》^[10]，预计后续还将有更多虚拟仿真实验教学资源出现在国家虚拟仿真实验教学课程共享平台。此外，各高校还可依据本校学科专业特色和发展方向，开发针对性和适用性更强的虚拟仿真教学资源，并针对高校学生和社会相关行业产业从业者等，开发多元化的运行管理模式，实现虚拟仿真教学资源的开放共享和持续更新。

3、改进毕业设计考核评价体系

合理完备的过程监控和考核评价体系能够对毕业设计的高质量完成起到积极促进作用。如果将虚拟仿真实验纳入毕业设计训练环节，相应地，在毕业设计执行过程中需要增设相关考察点，将考察结果纳入毕业设计考核评价体系。

参考文献：

- [1]教育部. 关于一流本科课程建设的实施意见教高：〔2019〕8号[Z]. 2019.
- [2]教育部. 教育部关于开展国家虚拟仿真实验教学项目建设工作的通知：〔2018〕5号[Z]. 2018.
- [3]熊宏齐. 国家虚拟仿真实验教学项目的新时代教学特征. 实验技术与管理 2019.
- [4]张敏, 文福安, 刘俊波. 高质量虚拟仿真实验教学课程内涵和特征[J]. 实验技术与管理 2022, 39(03): 1-4.
- [5]朱益波, 吴凌天, 吴金男, 冀宏. 应用型本科高校围绕解决生物工程专业复杂工程问题能力培养的课程体系思考与构建. 生物工程学报 2021, 273(09): 3383-3388.
- [6]吴凌天, 吴金男, 朱益波, 徐得磊, 赵美琳, 姚璐晔, et al. 工程教育专业认证背景下生物工程项目实践创新课程建设的逻辑与实践. 生物工程学报 2021, 37(276): 4455-4464.
- [7]邵颖, 陈宏伟. 产学研背景下生物工程专业毕业设计教学改革. 教育教学论坛 2016(41): 71-72.
- [8]教育部. 教育部关于公布首批国家级一流本科课程认定结果的通知：教高函〔2020〕8号[Z]. 2020.
- [9]董彬, 吴涛, 姚志刚, 王君, 李建庆, 赵文娟, et al. 基于虚拟仿真技术的生物工程类综合实验教学改革与实践. 生物工程学报 2022: 1-16.
- [10]教育部. 教育部办公厅关于开展第二批国家级一流本科课程认定工作的通知：教高厅函〔2021〕13号[Z]. 2021.