

工程教育认证背景下的虚拟仿真实验课程建设

郑凯

摘要 借势工程教育专业认证的大环境,以虚拟仿真实验课程建设为切入点,构建技术先进、功能集约、资源优化、开放共享、运行高效、具有虚实结合的实验教学平台,为学生自主学习、自主实验和创新实践创造条件。并通过高效整合各类实验教学资源,深度融合网络信息技术在实验教学中的应用,在其支撑下探索实验教学内容改革的模式与方法,为培养优秀工程人才提供优质课程资源。本文作者申请了教育部产学研协同育人项目教学内容和课程体系改革类项目“工程教育认证背景下的虚拟仿真实验课程建设”并成功立项,项目编号 201901022028。应《社会科学理论与实践》杂志邀请,将本项目申报书加以整理,形成本文。

关键词 虚拟仿真 工程教育认证 新工科建设

DOI <https://doi.org/10.6914/tpss.030407>

一、项目拟解决的问题和工作目标

自“复旦共识”、“天大行动”、“北京指南”提出以来,我国高等工程教育改革便进入了国际化快车道,尤其是工程教育专业认证体系实现国际实质等效,为高校的工程教育改革指明了方向,积极推动相关专业供给侧结构性改革,构建以“产出导向”的人才培养体系,全面提高人才培养质量,建设一流本科专业。围绕“学生为中心”的教育理念,积极探索构建系统化的课程体系,是深化专业建设、持续改进课程质量、提高人才培养质量的关键环节之一。对于工程专业实验课程,虚拟仿真实验对于锻炼学生动手能力、解决复杂工程实际问题不失为一种高效的有力支撑。

虚拟仿真实验通过信息技术与高等教育实验教学的深度融合,不断加强高等教育实验教学优质资源建设与应用,成为对真实实验的重要补充,使用“先虚后实,虚实结合”的教学方法,有效地提高工程专业实验教学质量。此外,虚拟仿真实验具有自由度高、交互性强、仿真度高等特点,可以较好解决实体工程实验对车间场地、机器设备较高的成本投入问题,以及实体实验可能潜在的爆炸、燃烧等危险因素,在保证安全的前提下,可有效加深学生对理论知识的理解,极大的提高学生的学习效率。

虚拟仿真实验是对真实实验的重要补充,着力解决真实实验条件不具备或实际运行

困难,涉及高危或极端环境,高成本、高消耗、不可逆操作、大型综合训练等问题。虚拟仿真实验使用“先虚后实,虚实结合”的教学方法,使学生能够更加自主的掌握实验方法与专业知识,具有自由度高、交互性强、仿真度高等特点,可以加快推进信息技术与高等教育实验教学的深度融合,不断加强高等教育实验教学优质资源建设与应用,提高高等教育实验教学质量。所以,虚拟仿真实验能够较好解决实体实验周期长、准备工作繁琐、成本高、实验效果不佳等多方面的难题,加深学生对理论知识的理解,极大的提高学生的学习效率。

虚拟仿真实验能够有效整合各类实验教学资源,建立有利于创新性人才培养的实验教学体系,其构建技术先进、功能集约、资源优化、开放共享、运行高效、具有虚实结合的实验教学平台和贴近实际、高度仿真的虚拟实验环境,为学生自主学习、自主实验和创新实践创造了条件。它能够推动信息技术与学科专业的高度融合,加强实验教学资源、管理和支持服务的信息化建设,深入探索信息技术在实验教学中的应用,在信息技术支撑下改革实验教学模式与方法。紧密结合教学与科研,将科研理念、成果及方法融入到实验教学中,提高学生的科学研究和科技创新能力。

本项目采用交互式虚拟仿真方法进行实验。在传统教学过程中,建设 GMP 车间不仅对场地要求高,而且后期运营维护成本高,要满足每届学生的实际操作训练难度大,不仅由于 GMP 车间的洁净度要求,而且现代化生产车间实际容纳操作人数有限,对于满足全体学生的实际操作训练尚无法达到要求。这些都是真实实验存在的一系列问题。因此,交互式的虚拟仿真实验便应运而生。

本虚拟仿真实验使用“虚实结合,先虚后实,以虚助实”的实验方法。首先,学生可以通过本虚拟仿真实验进行课前预习,并上传预习报告;其次,教师通过本虚拟仿真实验讲解操作实验内容;再次,学生通过本实验可以进行虚拟仿真实验操作,并由后台记录操作成绩;最后,教师可对学生的实验成绩进行在线评阅,了解学生的学习状态,有针对性进行指导。通过该虚拟仿真实验,使学生能够更加自主的掌握实验方法与专业知识,为真实实验提供有力补充和有效支持,并为其他高校相关专业学生的学习提供在线学习资源。

在建设完善虚拟仿真实验训练平台的基础上,以“新工科”作为工程教育新理念、新模式,以新兴技术引领工程教育改革,推进传统工科专业的改造和升级,提高学生的创新能力和创造能力,同时增强其自身的创新内驱力,为培养复合型工程科技人才奠定基础。

二、项目基础

本项目借势工程教育专业认证的大环境,以虚拟仿真实验课程建设为切入点,构建技术先进、功能集约、资源优化、开放共享、运行高效、具有虚实结合的实验教学平台,为学生自主学习、自主实验和创新实践创造条件。并通过高效整合各类实验教学资源,深度融合网络信息技术在实验教学中的应用,在其支撑下探索实验教学内容改革的模式与方法,为培养优秀工程人才提供优质课程资源。

在传统教学过程中,建设 GMP 车间不仅对场地要求高,而且后期运营维护成本高,要满足每届学生的实际操作训练难度大,不仅由于 GMP 车间的洁净度要求,而且现代化生产车间实际容纳操作人数有限,对于满足全体学生的实际操作训练尚无法达到要求。这些实验存在的一系列问题,掣肘了以培养解决复杂工程问题能力为宗旨的工程教育的开展,不利于锻炼学生在实际工程操作中发现问题的、处理问题,交互式的虚拟仿真实验的推广,可有效解决此类问题。同时,项目以开放共享的原则,配置校园网络服务器和公共网络云服务器,供校内外学生随时随地开展实验。

虚拟仿真实验教学项目突出应用驱动、资源共享,以高质量实验教学助推高等教育教学质量变轨超车,助力高等教育强国建设。齐鲁工业大学(山东省科学院)虚拟仿真实验项目已完成 I 期单机版建设任务,主要包括实验介绍、实验目的、实验操作、实验结果、考核等功能模块。整个实验采用三维交互操作的形式完成,实验者首先选择实验项目,之后查看实验介绍及实验目的,通过点击左侧的功能模块,依次按照实验步骤,参考实验提示,进行交互操作实验。

根据理论课程教学进度,学生首先认真阅读实验指导书,了解实验原理及基本实验流程,再使用本实验网络版软件进行练习,实验数据记录分为自主记录和自动记录两种方式。操作步骤记录包含时间及完成内容。分数可以记录到平台之上,用于综合评分参考,供老师查阅。

虚拟仿真实验具有经济省钱、生动直观、安全可靠、情景再现、客观真实等优越性,真正实现了资源开放。使用“微生物制药虚拟仿真教学系统”,具有以下良好的实验效果:

1. 达到“绿色”实验的教学目标:可以减少以往实体实验,既相对增加了学生在实验室“自主”操作的时间,又减少了实验耗材,节省了实验教学成本。

2. 提升教学效果: 学生通过虚拟仿真实验的厂区布局图可以全面了解掌握实际生产中的设备布局,对理论知识归纳提升的作用,有利于构建系统的知识体系,实现理论知识与生产实践的完美结合。

3. 摆脱时间、空间的限制: 虚拟实验可以随时随地进行,解决了由于真实实验滞后

带来的教学效果不佳问题；通过虚拟交互方式进行实验试件的设计、制作与养护，解决了实体实验中试件制备周期长，准备工作繁琐的难题。

4. 增强实验趣味性：借助多媒体技术、虚拟现实技术构建高度仿真的实验教学环境，使学习者置身其中，实现互动实验教学，最大限度地激发学生的自主实验兴趣。

5. 丰富实验教学形式：虚拟仿真实验突破了实验教学对客观条件的依赖性，满足实际的课堂教学需要。

可见，单机版“微生物制药虚拟仿真系统”具有十步以上操作，以理论知识为基础，引导学生进行综合思考，将工程思维方式引入教学过程，在学习过程中锻炼形成工程思维能力。根据新工科建设的实质等效原则，以虚拟仿真系统为抓手，培养学生综合能力，通过不断训练从而达到胜任工程师的工作能力，是本项目在新工科建设中的主要发力点。

三、项目建设目标

在建设完善虚拟仿真实验训练平台的基础上，以“新工科”作为工程教育新理念、新模式，以新兴技术引领工程教育改革，推进传统工科专业的改造和升级，提高学生的创新能力和创造能力，同时增强其自身的创新内驱力，为培养复合型工程科技人才奠定基础。

工程教育的核心理念不仅在于“产出导向”，还体现在“持续改进”方面，传统实验课程由于授课范围限制，教师要在至少一届学生训练完成之后，才可能总结出需要改进的方面，而线上虚拟仿真实验项目的推广，使得实验参与者覆盖范围数倍于甚至数十倍于传统课堂实验人数，同时基于大数据分析，能够实时得到教学过程中的反馈信息，帮助教师及时调整授课侧重点，基本实现因人施教、因材施教，在教的过程中形成持续改进、螺旋式上升的良性循环。

以虚拟仿真实验课程建设为载体，在培养目标制定、毕业要求设置、课程学习等环节进行探索性改革，各个环节在持续改进的基础上，实现良性循环发展，为工程类优秀人才的培养构建科学合理的课程体系，助力工程教育高效快速发展。

四、项目建设内容和实施路径

（一）建设内容

虚拟仿真实验采取“虚实结合，先虚后实，以虚助实”的教学思路，已达到在虚拟环境中分析处理复杂生物工程类问题的目的。首先，学生可以通过本虚拟仿真实验进行课前预习，并上传预习报告；其次，教师通过本虚拟仿真实验讲解操作实验内容；再次，学生通过本实验可以进行虚拟仿真实验操作，并由后台记录操作成绩；最后，教师可对

学生的实验成绩进行在线评阅,了解学生的学习状态,有针对性进行指导。通过该虚拟仿真实验,使学生能够更加自主的掌握实验方法与专业知识,为真实实验提供有力补充和有效支持,并为其其他高校相关专业学生的学习提供在线学习资源。

目前,该虚拟仿真实验项目已完成 I 期单机版建设任务,主要包括实验介绍、实验目的、实验操作、实验结果、考核等功能模块。整个实验采用三维交互操作的形式完成,实验者首先选择实验项目,之后查看实验介绍及实验目的,通过点击左侧的功能模块,依次按照实验步骤,参考实验提示,进行交互操作实验。II 期网络版正在进行建设中,项目建设完成后,将能够实现线上操作,从而不受时间、地点的限制,延伸实验教学时间和空间。

在完成网络版建设的基础上,探索如何提高学生工程思维能力、培养创新能力、创造能力,达到解决复杂工程问题的水平是虚拟仿真项目建设持续改进亟待解决的关键问题。引入大数据、人工智能等新技术可实现虚拟仿真系统的真实再现性,复杂多变的生产环境、真实存在的工艺问题都将会以不可预知的方式出现在虚拟仿真训练系统中,考验学生综合思考能力、解决复杂问题能力,实现工程思维的培养。

(二) 本项目合作的主要思路

1. 虚拟仿真系统的可塑性建设

虚拟仿真系统建设以实现标准化流程,可根据课程实际内容进行设计组合,就项目本身建设而言具有效率高、易推广复制等优点,与此同时,也带来诸多问题,譬如个性化设计、柔性修改等操作功能缺失,限制了教师在教学改革过程中某些创新想法的实施,无法完全贴合教学设计初衷。基于前期项目建设过程中总结的问题,本项目拟提高虚拟仿真系统在教学过程中的可应用性。

2. 实质等效性在虚拟仿真系统中的体现

程序化的虚拟仿真系统等同于传统课堂教学,未完全实现以学生为本的教学宗旨,实际操作过程仍按照传统教学内容的设计进行,无法实现引导学生综合思考,此类按部就班式的虚拟仿真系统是传统教学方式的复制,而非颠覆,距离工程类人才培养的目标相去甚远。因此,如何实现提高学生工程思维能力、培养创新能力、创造能力,达到解决复杂工程问题的水平是虚拟仿真项目建设亟待解决的关键问题。

3. 虚拟仿真系统在新工科建设中的作用探究

毋庸置疑,虚拟仿真作为新技术,在新工科建设中具有重要作用,但是,具体发挥何种作用、效果如何?需要深入探讨研究,只有清楚认识虚拟仿真技术的作用,才能有的放矢的最大限度的发挥其在新工科建设中的功能。

（三）本项目具体研究方法和举措

针对以上研究思路，初步提出新工科建设过程中如何以虚拟仿真系统建设为抓手，助力新工科建设，实现高水平工程师的优质培养。

1. 建设高质量的虚拟仿真系统

结合前期经验，针对存在的问题，以国家级示范性虚拟仿真实验教学项目为标准，有目的性的建设高水平虚拟仿真系统。能够满足个性化教学目的，实现特色教学方法的实施，达到符合专业特色、激发学生综合思维能力，真正实现教师教学改革初衷、达到预期教学效果的目标。

2. 引入大数据、人工智能等新技术实现虚拟仿真系统的真实再现性

大数据、人工智能等新技术的出现，为虚拟仿真系统建设提供了更为广阔的发展空间，标准化、程序式的建设将被颠覆，带给教学一线的师生将会是真实生产场景的在线，而非根据教师设定的程序进行重复训练。复杂多变的反应生产环境、真实存在的工艺问题都将会以不可预知的方式出现在虚拟仿真训练系统中，考验学生综合思考能力、解决复杂问题能力，实现工程思维的培养。

3. 推广可塑性虚拟仿真系统，调研评估教学效果

建设具有吸引力的虚拟仿真系统，依托互联网进行相应课程推广，定期追踪教师、学生教学情况，调研评估教学效果。以此为基础数据，分析虚拟仿真系统在不同背景条件下，对新工科建设的作用效果。

（四）创新之处

1. 虚拟仿真实验教学系统的创新

在前期虚拟仿真实验系统建设经验的基础上，提出进行可塑性虚拟仿真教学实验项目的建设，目的是为了使教师能够灵活运用虚拟仿真新技术，实现教学改革，达到预期教学目的，从而真正实现传统教学方法的转变。大数据、人工智能的引用，将大大提高虚拟仿真教学实验系统的灵活性，通过不同场景、不同技术问题的出现，锻炼学生综合思维能力，培养创新能力和创造能力，达到新工科建设的实质等效性，培养具备工程思维的高素质工程师人才。

2. 探讨虚拟仿真教学系统在新工科建设中的作用

新工科建设离不开新技术的引领，作为虚拟仿真系统具有生动直观、安全可靠、情景再现、真实客观的优点，在重现工程领域复杂场景方面具有无可比拟的优势，是新工科建设中不可或缺的重要技术之一。但是，虚拟仿真系统在推动新工科教育过程中的具体作用体现在何处？不同教育背景下的作用效果如何？这些问题需要深入分析解决，只

有在明确虚拟仿真系统具体作用的基础上,才可根据各高校实际情况进行调整应用,最大限度发挥其在新工科建设中的作用,真正实现助力新工科建设的效果。

综上所述,本项目计划分三期进行实施,I、II期已相继完成或正在进行中,在工程教育大背景环境下,虚拟仿真实验需要持续改进,以适应工程建设对人才的需求,鉴于此,在明确虚拟仿真系统具体作用的基础上,根据大数据反馈的实际情况进行调整应用,最大限度发挥其在新工科建设中的作用,真正实现助力新工科建设的效果。

五、项目实施计划

(一)2019.11-2020.2,网络版虚拟仿真实验教学项目建设,开通校园网络服务器,以及公共网络云服务器,面向校内外用户开放课程实验。

(二)2020.3-2020.6,推广使用网络版虚拟仿真实验教学课程,收集用户反馈意见,整理改进提升相关问题。

(三)2020.7-2020.9,根据省、教育部组织申报时间安排,申报省级和国家级示范性虚拟仿真实验教学项目。

(四)2020.10,项目总结,追踪应用单位的教学效果,进行评估,分析虚拟仿真系统在不同教学单位的应用对新工科建设的作用

重组人白介素 II 冻干粉针剂制备虚拟仿真实验 使用报告 齐鲁工业大学“重组人白介素 II 冻干粉针剂制备虚拟仿真实验”是教育部产学合作协同育人项目新工科建设类项目“虚拟仿真实验课程建设助力新工科教育”(项目编号 201802052004)、教学内容和课程体系改革类项目“工程教育认证背景下的虚拟仿真实验课程建设”(项目编号 201901022028)成果之一,取得了国家版权局计算机软件著作权登记证书(证书号:软著登字第 7446239 号),通过教育部产学合作协同育人项目平台由项目合作企业共享推广。 一、产品设计 本实验严格依照中华人民共和国卫生部《药品生产质量管理规范》(2010 年修订的 GMP)、中华人民共和国国家标准《建筑设计防火规范》(GB 50016-2014)、中华人民共和国国家标准《生产过程安全卫生要求总则》(GB 12801-2008)、中华人民共和国国家标准《洁净厂房设计规范》(GB 50073-2013)、中华人民共和国国家标准《医药工业洁净厂房设计规范》(GB 50457-2008)、《生物安全实验室建筑技术规范》(GB 50346-2011)等设计和开发,符合国家标准和有关规范。 二、课程内容 本产品以重组人白介素 II 冻干粉针剂制备生产工艺为主线,通过严格的制药工程设计流程,全三维高度沉浸式交互体验,重点展现了从菌种培育到菌种发酵,再到最后冻干粉针剂制备的一系列生产工艺	过程,并按照药企生产质量规范最新 GMP 标准执行操作。 三、课程思政 教学设计全程融入课程思政,注重学思结合、知行统一,增强学生勇于探索的创新精神、善于解决问题的实践能力。注重强化学生工程伦理教育,培养学生精益求精的大国工匠精神,激发学生科技报国的家国情怀和使命担当。 四、课程质量 本实验解决了真实实验条件不具备,高成本、高消耗、不可逆操作的问题。在设备仿真模块,对发酵罐、冻干机、灌装机、均质机、洗瓶机、碟片式离心机、轧盖机、转鼓式离心机、隧道烘箱等 23 种核心设备进行细部展示,重点是装置结构的三维模型展示、功能部件的多角度描述,并获得三维数据模型,提供数字化结构与功能演示,设备工作原理的图文说明,满足学生深入认知设备原理、设备结构的要求;学生能够在功能模块中直接体验设备的拆装操作。在生产仿真模块,以重组人白介素 II 冻干粉针剂制备的生产流程为主线,让学生完整的了解和熟悉药品生产过程中的生产质量管理体系和新版 GMP 标准中对于人流、物流和器具流的规范要求。 五、教学评价 实验系统在教学评价方面主要分为两部分,一是与生产安全、工艺知识点、工艺操作相关的理论题库,二是操作仿真模式下的实践考试,终端可选择自动生成考卷,组织一次或多次考试,并对答卷自动评分和成绩打印,结合考试系统的自动评分机制和题库,可随机形成
---	---

图 1 外校使用报告

六、项目预期成果

通过虚拟仿真实验课程在培养目标、毕业要求、课程环节等方面的建设,探索提升工程教育水平行之有效的改革方法,将工程教育理念融入教学实践中,提高人才培养质量。

通过网络版虚拟仿真实验课程的推广应用,探讨虚拟仿真实验教学系统在工程教育过程中的作用,为工程教育课程体系改革提供理论依据。

在此基础上,形成有效的可推广的虚拟仿真实验教学系统使用指导,有针对性的应用符合地方特色的背景条件进行虚拟仿真教学,最大限度发挥虚拟仿真实验教学系统在工程类人才培养中的作用,培养符合新工科要求的复合型工程科技人才。

编辑:李昌奎

基金项目 教育部产学合作协同育人项目:工程教育认证背景下的虚拟仿真实验课程建设(项目编号 201901022028)。

作者简介 郑凯,男,1982年2月出生,山东济南人,博士,齐鲁工业大学(山东省科学院)生物工程学院讲师。E-mail:jnzhengkai@163.com, <https://orcid.org/0000-0003-1693-4759>。

参考文献

- [1]资源建设新形态:虚拟仿真资源的内涵与设计框架[J].王娟,陈瑶.中国电化教育.2016(12)
- [2]虚拟仿真实验教学中心开放共享模式的探索[J].罗昊,张晓东.实验技术与管理.2016(10)
- [3]虚拟仿真实验教学中心建设与实践[J].周世杰,吉家成,王华.计算机教育.2015(09)
- [4]可持续发展的药剂学虚拟仿真实验教学模式探讨[J].乔明曦,杨丽,方亮,邸东华,刘婕.药学教育.2015(02)
- [5]虚拟实验室的构建及在中药制剂分析课程教学中的应用[J].管淑玉,王淑美,梁生旺,曾常青,孙悦.南方医学教育.2013(04)
- [6]开展国家级虚拟仿真实验教学中心建设提高高校实验教学信息化水平[J].李平,毛昌杰,徐进.实验室研究与探索.2013(11)
- [7]论中药学专业分析化学实验课虚拟实验室建设必要性及可行性[J].陈晓霞,宋爽,王巍,夏林波.时代教育(教育教学).2012(09)

[8]中药化学精品课程中的计算机虚拟现实教学[J].刘洋,石任兵,刘斌.药学教育.2008(02)

Article History Received 20 August 2021 Accepted 20 September 2021 Published 31 October 2021

本文引用格式 郑凯.工程教育认证背景下的虚拟仿真实验课程建设 [J].社会科学理论与实践, 2021.3(4):69-77, <http://doi.org/10.6914/tpss.030407>

Cite This Article ZHENG Kai. *The construction of virtual simulation experiment course under the background of engineering education certification [J].Theory and Practice of Social Science*, 2021.3(4):69-77, <http://doi.org/10.6914/tpss.030407>

The construction of virtual simulation experiment course under the background of engineering education certification

ZHENG Kai

Qilu University of Technology, School of Bioengineering, Email: jnzhengkai@163.com, <https://orcid.org/0000-0003-1693-4759>.

ABSTRACT Taking advantage of the large environment of engineering education professional certification, taking the construction of virtual simulation experiment courses as the starting point, building an experimental teaching platform with advanced technology, intensive functions, resource optimization, open sharing, efficient operation, and a combination of virtual and real, for students to learn independently. Experiments and innovative practices create conditions. And through the efficient integration of various experimental teaching resources, deep integration of the application of network information technology in experimental teaching, and its support to explore the mode and method of experimental teaching content reform, to provide high-quality curriculum resources for cultivating outstanding engineering talents. The author of this article applied for the teaching content and curriculum system reform project of the Ministry of Education of the Ministry of Education, "Virtual Simulation Experiment Course Construction in the Context of Engineering Education Certification" and successfully approved the project, the project number is 201901022028. At the invitation of "Research on Integration of Industry and Education", the project declaration form was organized to form this article.

KEY WORDS Virtual Simulation; Emerging Engineering Education; Engineering education certification