

# 生物医学工程领域研究生课程虚拟仿真教学实践

## ——以《生物医学仪器分析》课程为例

范晓峰, 蒋文帅, 秦鑫, 高智贤, 赵宗亚, 任武, 于毅\*

新乡医学院医学工程学院, 河南省神经传感与控制工程技术研究中心, 河南省神经信息分析与药物智能设计国际联合实验室, 河南 新乡

收稿日期: 2023年9月6日; 录用日期: 2023年10月4日; 发布日期: 2023年10月11日

### 摘要

生物医学工程是理、工、医多学科高度融合的交叉性学科, 在进行虚拟仿真实验项目建设时必须考虑其学科特点。该文分析了生物医学工程领域研究生实验课程存在的问题, 提出了在实验教学过程中实施虚拟仿真实验教学的必要性, 并介绍了本校生物医学工程研究生培养中综合性虚拟仿真实验教学项目建设的实践经验。

### 关键词

生物医学工程, 研究生课程, 虚拟仿真实验

# Virtual Simulation Teaching Practice of Postgraduate Course in Biomedical Engineering

## —Taking *Analysis of the Biomedical Instrument* as an Example

Xiaofeng Fan, Wenshuai Jiang, Xin Qin, Zhixian Gao, Zongya Zhao, Wu Ren, Yi Yu\*

International Joint Laboratory of Neural information Analysis and Drug Intelligent Design of Henan Province, Engineering Technology Research Center of Neurosense and Control of Henan Province, School of Medical Engineering, Xinxiang Medical University, Xinxiang Henan

Received: Sep. 6<sup>th</sup>, 2023; accepted: Oct. 4<sup>th</sup>, 2023; published: Oct. 11<sup>th</sup>, 2023

\*通讯作者 Email: yuyi@xxmu.edu.cn

文章引用: 范晓峰, 蒋文帅, 秦鑫, 高智贤, 赵宗亚, 任武, 于毅. 生物医学工程领域研究生课程虚拟仿真教学实践[J]. 教育进展, 2023, 13(10): 7343-7349. DOI: 10.12677/ae.2023.13101142

## Abstract

Biomedical engineering is an intersectionality discipline with a high degree of integration of science, engineering and medicine. Its discipline characteristics must be considered when constructing virtual simulation experiment projects. This paper analyzes the problems existing in the experimental courses for graduate students in the field of biomedical engineering, puts forward the necessity of implementing virtual simulation experiment teaching in the experimental teaching process, and introduces the practical experience of the construction of comprehensive virtual simulation experiment teaching projects in the cultivation of biomedical engineering graduate students in our school.

## Keywords

Biomedical Engineering, Postgraduate Course, Virtual Simulation Experiment

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

对于工科类研究生，实践教学是其培养过程中非常重要的一个环节。实践教学不仅可以提高学生的实践操作能力，还可以在具体实践操作中拓展知识视野、丰富知识储备。因此，实践教学在培养研究生的能力和素质过程中起着越来越重要的作用[1]。生物医学工程是一个实践性较强的学科，生物医学工程领域的研究生必须充分理解和熟练掌握各项实验技能，能够系统地发现、分析和解决问题才能获得具有创新性的研究成果[2]。但是，相对于其他学科，生物医学工程领域研究生的培养在实践教学方面涉及的仪器多为大型实验教学设备。这些设备不仅价格昂贵，并且需要占用大量实验教学空间。对某些高校而言，过多的资源投入不仅给学校带来巨大的经济压力，同时也制约了研究生实践教学的开展。

国家教育部于2017年和2018年相继颁发了《教育部办公厅关于2017~2020年开展示范性虚拟仿真实验教学项目建设的通知》(教高厅〔2017〕4号)和《教育部关于开展国家虚拟仿真实验教学项目建设的通知》(教高函〔2018〕5号)，文件均指出开展示范性虚拟仿真实验教学项目建设是推进现代信息技术与实验教学项目深度融合、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[3][4]。

虚拟仿真实验教学项目的开展，在拓展实验教学内容深度和广度、改善实验教学效果等方面发挥着越来越重要的作用[5]。但是，针对生物医学工程领域研究生实验教学方面的虚拟仿真实验教学项目依然不够完善。根据学科特色，如何建设一批能够体现医工结合、凸显专业特色的原创性、综合性的虚拟仿真实验项目，是生物医学工程领域研究生实验教学的迫切需求。

## 2. 生物医学工程领域研究生实验课程存在的问题

生物医学工程专业是综合生物学、医学和工程学理论和方法而发展起来的交叉学科，其主要通过工程技术手段，研究和解决生物学和医学中的有关问题，保障人类健康，为疾病的预防、诊断、治疗和康复服务[6]。生物医学工程领域研究生教育是为了培养适应我国生物医学工程领域发展需求的应用型、复

合型高层次工程技术和工程管理人才，研究方向包括生物医学信号处理、医学影像、医学仪器研发等。现阶段，生物医学工程领域研究生培养过程中课程教学存在的如下问题。

### 2.1. 课程难度大，课堂教学枯燥乏味

工科类课程具有原理性强、内容广、实用性强的特点。生物医学工程领域研究生课程教学内容较多，综合了高等数学、线性代数、信号与系统等多门相关课程的知识，包括从高等数学的微分、积分到离散数学的差分、插值、求和，再到信号与系统的系统时域求解、拉普拉斯变换、傅里叶变换等。课堂教学中，知识内容理论性强、概念抽象、公式推导复杂，这些教学内容很容易使研究生感觉乏味枯燥并且产生畏难情绪。学生在学习过程中极易产生挫败感，从而降低学习的积极性。延续传统的教学方法，教师难教，研究生难学，因而教学效果很难保证。

### 2.2. 专业实践性强，需要投入巨额仪器设备及实验室空间

生物医学工程领域研究生课程大多是与医学相关的工科课程，具有很强的专业实践性，并且需要投入大量的教学资源。例如《生物医学仪器分析》等课程实验教学涉及的仪器多为大型教学设备，比如 CT、MRI、B 超等。一方面，这些大型教学设备价格昂贵，如若购买，需要大量的资金投入；另一方面，这些教学设备一般体积较大，需要占用大量实验教学空间。建设一个完备的实践教学实验室，学校需要具有充足的经费及空间支持。

### 2.3. 实验教学不充分，导致研究生实践技能薄弱

生物医学工程领域研究生课程在以往的教学安排上倾向于重视理论教学，而轻视实践教学。在实践教学环节，一方面实验课程课时相对较少，另一方面理论课程同步的实验内容大部分是验证性实验，缺少综合性、设计性实验。由于这种验证性实验任务较简单基础，不需要独立思考，研究生实际操作时一般按照实验指导书给出的步骤和程序，比着葫芦画瓢，进行操作和编程。因此，实验结束后即使得到正确的结果，学生对其中的原理也不甚掌握，无法提高研究生对知识的应用能力。除此之外，由于课程理论知识难度较大，研究生对相关知识点理解深度不够，无法灵活运用，遇到工程实践问题，研究生无法将理论与实践相结合，缺乏独立分析问题、解决问题的能力。

在学科评估中，实验教学水平是某一专业在科研水平和教学质量方面的一个重要评价指标[7]。基于生物医学工程领域研究生课程实验教学存在的问题，在实验教学方面传统的生物医学工程领域研究生实验技能培养过程中，需要消耗较多的人力、物力、财力和时间，另一方面从研究生实践能力培养结果上看并没有达到预期的效果。随着信息技术的飞速发展和与之相关技术的进步，实验教学的手段和方式也不断地进行改进。为解决以上传统教学过程中存在的突出问题，国内外高校开始在研究生课程实验教学过程中采用虚拟仿真实验教学。

## 3. 生物医学工程领域研究生实验课程实施虚拟仿真教学的必要性

### 3.1. 研究生人才培养需要

生物医学工程是一个实践性很强的学科，需要开展大量的实验训练。但是目前虚拟仿真实验课程主要针对本科生开展，在研究生培养方案中开展较少[8]，虚拟仿真实验教学在生物医学工程领域研究生培养方面的应用尚不完善。研究生是真正从事科学研究的生力军，需要应用大量高新技术、开展系统实验和创新性科研项目，虚拟仿真实验教学课程对于生物医学工程领域研究生培养更为重要[9] [10]。因此，必须通过教学改革，整合优化教学内容，运用先进的教学模式和教学方法，帮助研究生理解和掌握课程

的基本理论和方法,提高研究生课堂的参与性、学习积极性;同时在课程中结合生活和生产中的实际应用,结合工程实践的案例,培养研究生对实际问题的分析和解决能力,从而提高工程实践能力。

### 3.2. 虚拟仿真实验教学优势突出

虚拟仿真技术是借助计算机集成理念和技术,在多维信息空间上创建一个虚拟信息环境,能使用户具有身临其境的沉浸感,具有与环境完善的交互作用能力,并有助于启发构思[11]。虚拟仿真实验摆脱了实验试剂、标本、器械、场地的限制,可随时随地开展虚拟实验,并且可反复训练,无实验成本的增加,极大地拓展了研究生学习的内容和空间[12]。近年来,许多高校认识到了虚拟仿真教学对深化教育教学改革、提高人才培养质量的重要作用,国内的许多高校都开始根据教学的需要建立虚拟仿真实验室,通过模拟仿真教学弥补了传统实践教学的不足,使许多在真实实验环境中无法完成的实操得以实现,从而提高实践教学质量[13]。

### 3.3. 国家政策支持

虚拟仿真实验教学项目是伴随着信息技术的发展应运而生的。虚拟仿真实验教学不仅能弥补传统实验的软肋,解决一些很难实现或不能实现的问题,而且还能缓解实验资源的不足,解决实验经费方面的问题。教育部从2017年起开展了虚拟仿真实验教学项目的建设,鼓励不同的学校、不同的专业探索个性化的实验实践教学方法和模式,依托数字化的特点,逐步形成开放共享、教学效果优良的实验教学体系。

对于生物医学工程领域研究生的培养在实验教学方面相对于投入巨大的实体实验室建设,建设虚拟仿真实验室在空间及资金上可以大量节约办学资源。同时,相对于课堂实验模式,虚拟仿真实验更便于显示医学工程现象与内在的关联,更能发挥研究生的自主性,培养研究生的创新思维。虚拟仿真实验教学依托虚拟现实、多媒体、人机交互、数据库和仿真软件等技术,构建高度仿真的虚拟实验环境和实验对象,在日益发展的当代研究生教育中运用虚拟仿真技术进行虚拟实验教学是专业广度、宽度、针对性发展的必然趋势。

## 4. 《生物医学仪器分析》虚拟仿真实验教学实践

### 4.1. 虚拟仿真医学仪器实验教学平台

新乡医学院生物医学工程专业始建于2002年,经过20年的发展,先后入选河南省本科一流专业及国家级本科一流专业建设点。专业建设平台的突破为专业的快速发展提供了新的契机,但同时也对专业的高质量发展提出了更高的要求。虚拟仿真实验是实践教学资源的重要组成部分,本专业的虚拟仿真资源较为匮乏,原创性虚拟仿真实验项目建设是生物医学工程专业内涵式发展的迫切需要。



Figure 1. Architecture diagram of virtual simulation medical instrument experimental teaching platform

图1. 虚拟仿真医学仪器实验教学平台架构图

本着完善专业建设、服务人才培养的原则,我们在研究生课程《生物医学仪器分析》课程实验中引入虚拟仿真实验项目。《生物医学仪器分析》是我校生物医学工程学科硕士研究生培养方案中的一门重要的专业课程,实验学时少(9学时),该课程全面深入地介绍生物医学测量分析方法、现代生物医学仪器的原理与设计的相关重要知识,涵盖了较宽的专业综合理论,体现了较强的实践特点。由于实验内容涉及的大型医学仪器设备缺乏,将虚拟仿真实验项目作为该课程实验的重要补充,为学生补充医学仪器原理知识和相关实验技能,有利于提升学生的专业素养。

《生物医学仪器分析》虚拟仿真医学仪器实验教学平台架构图如图1所示。本平台分为计算机辅助设计模块、计算机辅助工程模块、医学仪器原理模块。

计算机辅助设计(CAD)模块将工程领域中的计算机辅助设计和建模技术应用到医学领域,在康复工程与生物机械学相关专业课程学习中为研究生提供康复设备、医疗器械计算机设计和建模操作。本模块开设的实验项目如表1所示。

**Table 1.** Experimental project of computer aided design (CAD) module

**表 1.** 计算机辅助设计(CAD)模块实验项目

序号	实验名称	实验类型
1	医用康复轮椅 3D 模型仿真实验	基础类
2	医用检测平台 3D 模型设计仿真实验	基础类
3	医学蜘蛛型仿生机器人 3D 模型实验	综合类
4	人体 3D 模型设计建模	综合类
5	医用自动床	基础类
6	医用滑动输液支架设计	基础类
7	康复搬运器整体结构设计	综合类

计算机辅助工程(CAE)模块常用于工程领域的有关难度大、实验不易获得的工况,随着生物医学工程的发展,将工程学中的计算机辅助工程学应用到医学领域中的例子越来越多,作用愈来愈明显,通过计算机辅助工程计算,可以检验计算机辅助设计内容是否满足刚度、强度和稳定性的要求和人体安全性和舒适性的需求。该模块开展的实验项目如表2所示。

**Table 2.** Experimental project of computer aided engineering (CAE) module

**表 2.** 计算机辅助工程(CAE)模块实验项目

序号	实验名称	实验类型
1	人体下肢骨骼和足底运动应力模拟实验	综合类
2	人体四肢运动分析与仿真实验	综合类
3	血管支架的有限元分析及优化设计	基础类
4	呼吸气管的生物力学特性分析	综合类
5	人耳传声机制有限元模拟	综合类
6	骨科医疗器械的有限元分析	基础类

医学仪器原理模块包括虚拟教学系统和仿真硬件。医学仪器原理模块实验教学的目的是训练研究生掌握常用医疗仪器的使用,通过实验对基本原理进行验证。借助于虚拟仿真实验系统,研究生可以在任何一台计算机上练习仿真,验证所学理论的正确性,进入实验室后能较快地进入实验状态,提高研究生的自学能力,达到独立预习和考前复习的目的,培养和提高了研究生独立思考、分析问题和解决问题的能力。针对真正的医疗仪器价格昂贵,无法反复拆卸,研究生不能够真正理解其工作原理,因此有些开设成本高、需要仪器设备复杂的实验、实物实验室内很难完成综合程度较高的实验都可以借助于虚拟仿真实验来演示完成。该模块开展的实验项目如表 3 所示。

**Table 3.** Experimental project of medical instrument principles module  
**表 3.** 医学仪器原理模块实验项目

序号	实验名称	实验类型
1	人体体温测量	基础类
2	人体脉搏/心音信号检测	基础类
3	人体血压信号测量	综合类
4	人体脑电信号检测系统	设计类
5	人体心电信号检测系统	设计类
6	透射式超声成像	综合类

## 4.2. 医学仪器实验教学平台实验开展情况

限于篇幅,以下介绍“医用康复轮椅 3D 模型仿真实验”开展的实验项目内容。

### 4.2.1. 项目功能

医用轮椅传统控制设计及建模实验教学只能购买现实的轮椅进行教学,如涉及到轮椅参数的变化需要购买不同型号的轮椅,因此教学成本较高,本仿真实验的开发可以针对不同型号的轮椅进行仿真,节约教学成本和增强研究生直观性和学习周期。项目的设计过程包括型号选择、轮胎选择、轮毂选择、辐条选择、控制系统选择、手推进接触面设计、坐背设计等,通过一系列设计计算和 3D 绘图,使研究生了解医学康复轮椅的设计计算过程、工作原理和功能需求。

### 4.2.2. 项目的主要功能包括

- ① 轮椅二维零件图绘制;
- ② 轮椅三维零件图绘制;
- ③ 轮椅三维装配图绘制与模拟人坐姿。

### 4.2.3. 项目效果

借助于计算机辅助设计在医学康复设备设计仿真应用,可以方便修改设计参数和模拟人坐在轮椅上的效果,结果人机工程学原理和轮椅使用要求,利于研究生掌握基本医疗器械和设备的设计计算过程和使用要求。康复器械设备设计原理和需求,不同机械设计所利用的原理不一致,轮椅是典型的康复设备,既要考虑到设备自身结构原理又要基于人机界面考虑人使用的安全性和舒适度需求,达到人机交互友好界面,让研究生达到虚拟真实环境下的设计绘图,加深对工程制图学和机械设计学基础的了解。

实验采用 Unity 3D 技术进行开发,系统架构分为五层来完成具体虚拟实验教学环境的构建,即数据

层、支撑层、通用服务层、仿真层、应用层。整个实验项目采用模块化设计,包含计算机辅助设计模块、计算机辅助工程模块、医学仪器原理模块三个模块。实验内容涉及生物、物理、机械、医学、计算机、电子技术等学科知识,是多学科高度交叉融合和科研双向导的综合性实验项目。在实验中,学生能学习各相关学科的专业理论知识,掌握相关实验生化操作技术,熟悉各种医学仪器的组成、原理及使用方法。项目平台提供学习资源,学生在线上完成实验预习、实验操作及过程考核,通过实验学生能受到医学仪器的设计、构建及系统集成的整个科研流程,培养学生的创新思维和科学素养。

## 5. 结语

生物医学工程是一个多学科高度交融的交叉性学科。在生物医学工程领域研究生人才培养过程中,根据专业定位和人才培养目标,挖掘课程特色内容作为虚拟仿真实验建设素材,通过多学科融合的综合性实验项目,提高学生的知识理解及实践操作能力,有助于培养知识体系宽厚、技能操作扎实、多学科知识拓展兼具创新能力的研究生专业人才。

## 基金项目

本文系河南省高等教育教学改革研究与实践项目(学位与研究生教育)(编号:2021SJGLX186Y),河南省研究生教育改革与质量提升工程项目(编号:YJS2023KC20),教育部产学研合作协同育人项目(编号:220606617223641,220506617273520)的研究成果。

## 参考文献

- [1] 王承鑫,徐龙军,张天伟.“新工科”背景下实验教学改革的探讨[J].高等建筑教育,2019,28(2):101-105.
- [2] 刘文斐.基于虚拟仿真的“数字信号处理”课程教学改革探索与实践[J].齐鲁师范学院学报,2019,34(1):34-41.
- [3] 中华人民共和国教育部.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[EB/OL].  
[http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/s7945/s7946/201806/t20180607\\_338713.html](http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/s7945/s7946/201806/t20180607_338713.html),2018-05-30.
- [4] 中华人民共和国教育部.教育部办公厅关于2017-2020年开展示范性虚拟仿真实验教学项目建设的通知[EB/OL].  
[http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/s7945/s7946/201707/t20170721\\_309819.html?eqid=a172c0b9000b70000000000464896347](http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/s7945/s7946/201707/t20170721_309819.html?eqid=a172c0b9000b70000000000464896347),2017-07-11.
- [5] 徐阳,周亚南,孟圆,范靖雯.研究生创新创业能力培养导向下的虚拟仿真实实践教学[J].专家论坛,2019(9):7-9.
- [6] 关水.生物医学工程专业基础生物学教学改革初探[J].教育教学论坛,2012(26):140-141.
- [7] 毛敏,肖随贵.网络虚拟实验与高校实验教学的整合研究[J].教育与职业,2008(30):153-155.
- [8] 胡朝英.基于“虚拟仿真技术”构建本科实训教学体系的改革与实践[J].教育教学论坛,2018(14):131-132.
- [9] 肖文香,梁永波,李华,朱健铭.生物医学工程专业虚拟仿真实验项目建设与实践[J].科技文汇,2021(13):107-109.
- [10] 梁爽,陈艺丹,王贵学.新工科建设背景下高校研究生培养探索与实践——以生物医学工程学科为例[J].高等建筑教育,2021,30(5):39-45.
- [11] 娄岩.虚拟现实与增强现实技术导论[M].北京:科学出版社,2017.
- [12] 王曜晖,周万津,姚新生.医学虚拟仿真实验教学中心的建设与探索[J].基础医学教育,2018,20(12):1128-1131.
- [13] 孙文秀,夏帆,熊涛.关于虚拟仿真实验教学提升生物学研究生科研创新能力的思考[J].科技视界,2020(36):46-47.