

基础力学虚拟仿真实验教学项目建设与研究

彭培火

北京建筑大学理学院 北京

【摘要】通过总结我校基础力学实验室虚拟仿真实验教学项目的建设过程以及三年的实践应用效果，旨在深入探究虚拟仿真技术的应用，构建具有交互性和高度真实感的基础力学实验网上教学平台。详细分析了虚拟仿真实验建设的理论、技术和教学应用等方面的内容。探索建立了一套完善的网络开放共享模式，打破校园藩篱，促进我校教育资源的共享与广泛传播。通过我校基础力学实验室具体案例三年的实践应用，验证了该虚拟仿真实验教学模式在提高实验教学质量、增强学生学习效果等方面的成效。

【关键词】力学实验教学；虚拟仿真；创新模式；在线共享；教学改革

【基金项目】北京建筑大学教育科学研究项目（Y2328）

【收稿日期】2025 年 3 月 12 日

【出刊日期】2025 年 4 月 15 日

【DOI】10.12208/j.ije.20250136

Construction and research of virtual simulation teaching experiment for basic mechanics

Peihuo Peng

School of Sciences, Beijing University of Civil Engineering & Architecture, Beijing

【Abstract】 By summarizing the construction process and three-year practical application effects of the virtual simulation experiment teaching project in our school's basic mechanics laboratory, the aim is to explore the application of virtual simulation technology in depth and build an interactive and highly realistic online teaching platform for basic mechanics experiments. Detailed analysis was conducted on the theory, technology, and teaching applications of virtual simulation experiment construction. We have explored and established a comprehensive network open sharing model, breaking down campus barriers and promoting the sharing and widespread dissemination of educational resources in our school. Through three years of practical application of specific cases in our school's Basic Mechanics Laboratory, the effectiveness of this virtual simulation experiment teaching mode in improving the quality of experimental teaching and enhancing student learning outcomes has been verified.

【Keywords】 Mechanics experiment teaching; Simulation; Innovative mode; Online sharing; Teaching reform

引言

传统的基础力学实验教学模式面临着成本高、资源数量有限等方面的限制，于是线上虚拟教学应运而生。随着虚拟仿真技术的发展，该领域逐渐成为教学改革研究的热点^[1-4]。早在计算机数字图形技术兴起之初，就有学者尝试将该方法应用于力学教学，这是最早期的虚拟教学技术。近年来，随着 AI 技术越来越成熟，虚拟仿真方法在力学课程教学等领域取得了显著进展，涵盖了理论力学、材料力学等几乎所有力学课程^[5-7]。目前，该模式已大量应用于诸多高校，通过模拟真实的实验操作环境，不仅可以降低教学成本，还可以提高学生的数字技术实践应用能力，成为一种实验教学的重

要模式^[8]。

本文通过总结我校基础力学虚拟仿真实验教学项目的多维度构建和三年的实践应用效果，深入探究了细致规划教学项目、实践教学模式创新、实验效果分析以及网络开放共享机制等方面的内容。利用虚拟仿真与 AI 技术，结合 3D 建模技术，我们搭建了交互性强、仿真度高的教学平台，不仅重现复杂的力学现象，并可以增强同学们的实验体验。在线下教室上课的过程中还可以将翻转课堂等模式融入其中，采取线上线下交叉的方法，激发学生的主动探索与实践动手能力。值得注意的是，在线平台实现了实验操作的线上访问、同学之间的线上合作、实验数据共享等，打破了校园藩篱，

为同学们提供了便捷访问实验课程资源的途径，为基础力学实验教学注入了新的活力。该模式通过我校基础力学实验室具体案例三年的实践应用，冀望为兄弟院校提供参考，推动力学实验教学向更高水平迈进。

1 基础力学实验教学在传统教学模式下面临的挑战

1.1 传统实验教学模式

传统的基础力学实验教学模式，往往与对应的理论课(如材料力学、结构力学、理论力学等)紧密绑定，实验课程是理论课的补充或一个附属部分。实验教学内容和实验项目基本上围绕理论课的某个知识点来设计，主要目的在于通过实验课程来验证或巩固理论课上的知识点。实验项目一般比较固定，局限于仪器设备的数量和实验课的学时数，教学方法通常是教师首先在实验课堂上进行原理的讲解和操作的演示，然后由学生按部就班进行操作。学生在学习过程中完全处于填鸭式灌输的被动状态，没有主动思考和探索的要求。这种既定步骤模式，实验学习环节被视为理论学习的延伸，实验课程的独立性与核心价值没有得到体现。

1.2 传统模式面临的挑战

在传统的教育教学体系中，实验课被视为理论课的辅助，实验教学的重要性和独立性未能得到充分的彰显，引发了多重的挑战。第一，传统模式导致理论与实验脱节，学生不能学以致用；第二，传统模式导致资源分配不均，实验项目缺少多样性，覆盖面低；第三，传统模式导致实验内容缺乏创新性，不能满足学生主动探究的需求；第四，传统模式下，学生完全处于被动状态，没有参与实验设计，难以掌握实验原理的精髓；另外，传统模式下评价体系轻过程重结果，对学生的评价不全面；最后，教师只管填鸭式讲授，忽略了对学生创新能力与主动探究能力的培养。

面对以上的这些挑战，实验教学模式需要革新。虚拟仿真与 AI 技术的引入至关重要，它既可以丰富实验项目与实验内容，又可以通过设计互动灵活的操作环境来激发学生的主动探索，提升学习兴趣和培养自主探究能力。同时，应重视评价体系的完善性，不可只重结果，而忽视过程与能力考量，应着眼学生的全面发展。最后，教师也应转变角色，不能是角色单一的灌输者，而应该成为学生的合作者与引导者，师生共同推动实验课的磨盘，进而提升学生的创新思维。只有具体落实了以上这些改革措施，才能突破传统模式的局限性，为力学实验课程教学方法改革注入巨大的潜力与无穷的可能性。

1.3 虚拟仿真实验教学模式的优势

虚拟仿真技术应用于基础力学实验教学领域具有诸多优势。第一，能够模拟真实的实验场景，学生可以沉浸式学习，并直观地理解和应用相关的理论知识。第二，虚拟仿真技术能打破仪器设备的限制，提供丰富多样的实验操作项目，可以满足各个层次的学生需求。第三，虚拟仿真技术能实现实验资源数字化，打破校园藩篱。第四，虚拟仿真技术能通过动画与 3D 建模技术，搭建具有趣味性的实验环境，激发学生的学习兴趣。第五，虚拟仿真技术能多维度地收集信息，实现学生表现的全面评价，可以提供个性化的结果反馈。最后，虚拟仿真技术能帮助教师转变角色，通过师生共同参与实验项目设计，共同推动实验课的磨盘，教师成为学生的合作者与引导者。

2 基础力学虚拟仿真实验教学项目建设过程

基础力学虚拟仿真实验教学项目的建设，意在利用现代计算机技术突破传统实验教学模式的局限，提高教学的质量，拓宽实践课程教与学的边界。参考虚拟仿真实验课程“四域十性”的开发范式^[9]，我们将聚焦点放在解决理论课与实验课脱节、实验项目缺少多样性等问题上，且要求能够提升实验过程的互动性，激发学生的学习兴趣，促进学生创新能力与主动探究能力的培养。另外，还需要实现实验项目与实验内容的数字化，打破校园藩篱，且要求构建兼顾结果和过程的全面评价体系以评估学习的成效。

从上述需求出发，我们细致设计了线上教学平台的架构，采取模块化的方法，系统主要模块包括用户管理模块、实验教学模块、资源管理模块以及评价反馈模块四大部分。这样的教学系统未来可扩展，便于维护，确保平台兼具灵活与高效的特点。该线上教学平台的各个主要模块的功能为：1.用户管理。规定管理员、学生、教师的角色划分，以及不同角色的功能划分，实现各自的权限分配与精细化的安全管理，确保线上教学平台的稳定运行。2.实验教学。该模块拥有多元化的项目库，实验项目既涵盖理论力学、材料力学、结构力学等课程门类，也包括创新性实验和综合设计型实验，同时还具有用户自定义的实验项目设计功能。运用动画与 3D 建模技术，该模块可以实现沉浸式的实验操作场景，做到学生操作的实时反馈，并且具有实验过程自动记录，以及回放的功能。3.资源管理。该模块要求实现实验数字资源的线上共享功能，详细目录包括虚拟仿真数字模型、各种实验文字文档、教师讲解录像、实验操作视频教程等。并且能够提供数字资源分类、资料上传与下载、便捷检索和智能推荐等功能，确保师生在使

用该系统时能够高效获取和快速利用各种资源。4.评价反馈。该模块要求搭建多维度、全过程的评价体系,实现自动收集学生在实验过程中的各种操作数据、结果数据和反映学习效果的反馈性数据,能够向学生出示个性化的实验操作与学习效果的评价报告。帮助学生清楚地认识到自身的缺点和优点,针对不同的学生制定差别化的学习建议,促进实验学习效果的提升。

综上所述,基础力学虚拟仿真实验教学项目的建设,是对传统实验教学模式的全面革新。通过准确细致的需求分析以及科学系统的分类设计,虚拟实验教学模式突破了传统实验模式的局限性,既激发了学生的学习兴趣,又增强了学生的主动探究能力和创新能力,在教学效果提升方面展现出蓬勃的活力。

3 基础力学虚拟仿真实验教学项目的创新模式

3.1 教学模式创新

基础力学虚拟仿真实验教学项目的教学模式创新主要有:1.沉浸式的实验操作体验,通过3D技术模拟真实的实验场景,提升同学们学习的兴趣以及参与热情;2.个性化的学习规划,具有实验项目多样性和自定义设计的功能,满足不同层次的学生需求,激发学生的主动探究能力和创新能力;3.实验资源的数字化和共享,拥有多元化的实验项目库,可打破校园藩篱,促进资源利用的便利性;4.个性化的教学辅助,使用AI技术与虚拟仿真技术,可实现智能化的学习模式,如实验报告自动批改,教学反馈及时且具有很强的针对性;5.教学系统的可扩展性和通达性,学生可随时随地访问教学资源,将来实验模块还可进一步扩展,满足未来不断变化的教学要求。

3.2 评价体系创新

基础力学虚拟仿真实验教学项目的评价体系创新主要有:1.通过学生的考试成绩、平时作业成绩、实验报告成绩等,将同学们对知识的掌握程度进行量化评价;2.教学系统对学生的评价数据进行分析,实时跟踪和反馈同学们的学习成效的提升情况;3.严格追踪学生的实验报告或其他的评价数据,冒出任何创新思维或成果的时候立即记录并发送给教师;4.可实现学生分组互评,通过不同学生分组之间的沟通与协作,构建多元化的评价体系,多角度反映学情;5.多维度的反馈机制,同步将全方位的评价结果发送给师生,促使学生及时改进学习方法,也敦促教师调整教学手段。此评价体系是全面保障实验教学质量以及学生发展成长的核心驱动力。

3.3 技术与应用融合创新

基础力学虚拟仿真实验教学平台的技术与应用深

度融合创新主要体现在以下几个方面:1.将3D建模、网络引擎、自主交互式设计、大数据技术、多维度评估分析等先进手段融入到基础力学虚拟仿真实验教学网络平台中,实现技术与应用融合创新。通过模块化技术持续进化平台的功能,提升虚拟实验场景的真实性、实验操作的互动性,提高实验教学的效果。2.跨越不可学科的融合:通过与其他不同课程门类的交叉融合,例如将力学实验融入土木工程、机械工程或材料科学等课程中,融合开发多维度的虚拟仿真实验教学内容。利用跨学科融合的实验教学模式,来扩展学生的视野,培养他们学科交叉应用的能力。

4 基础力学虚拟仿真实验教学项目的实践应用与效果评估

4.1 实际案例展示

(1) 案例一、金属材料的拉伸、压缩实验

实验概述:通过3D建模、虚拟仿真技术,模拟金属材料的拉伸和压缩实验过程,让学生在数字终端完成实验操作,理解不同金属材料的力学性质,例如弹性模量、屈服极限、强度极限等。

实验设备:三维虚拟实验中,建立3D电子万能试验机作为数字模拟设备,如图1所示。该数字虚拟设备可以精确地模拟拉伸实验或者压缩实验过程中的施加载荷、测量变形等实验操作步骤。

实验步骤:在虚拟场景中安装拉伸试件或压缩试件,调节电子万能试验机的各项参数,譬如加载速度、实验曲线类型等。点击鼠标即可模拟施加载荷的过程,在电脑上观察实验现象,并记录实验结果。分析各项实验数据,在实验报告上手算各项力学性能指标,例如屈服极限、强度极限、断面收缩率等等。

实验结果:在虚拟场景中完成仿真实验,同学们能够得到和真实场景下相同的实验结果,而且能在数字仿真场景中多次重复实验,使学生深刻理解金属材料的力学性质。

(2) 案例二、矩形截面梁在纯弯曲时的正应力测定实验

实验概述:通过3D建模、虚拟仿真技术,模拟真实场景下的矩形截面纯弯曲梁的应力测量实验,并使学生理解梁的弯曲正应力分布的规律。

实验设备:三维虚拟实验中,建立3D纯弯曲正应力综合试验台和静态电阻应变仪作为数字模拟设备,如图2所示。综合试验台可以对梁的纯弯曲实验过程进行数字仿真,使用应变仪观测梁上贴片处应变的演化和分布规律。



图1 金属材料的拉伸虚拟仿真实验



图2 纯弯曲梁正应力测定虚拟仿真实验

实验步骤: 在虚拟场景中调节好钢梁支座的位置, 并连接好电阻应变仪的接线, 设置应变仪的灵敏系数、电阻值等系数。点击鼠标模拟逐级加载使梁发生弯曲, 观测各测点应变的数值变化, 并将测试结果记录在实验报告上。根据测试数据计算各测点的正应力值, 并绘制应力分布曲线, 深入理解梁的弯曲正应力分布的规律。

实验结果: 在虚拟场景中完成仿真实验, 学生能够直接观测到矩形截面梁在纯弯曲状态下的应力分布规律, 使学生深刻理解弯曲正应力的计算公式。

4.2 教学效果评估

我校基础力学实验室通过 3 个学年的虚拟仿真实验教学实施, 详细分析和评估以上 2 个具体案例的教学效果如下:

4.2.1 学生学习效果

(1) 预习成绩、前后测试成绩、在线测试成绩、平时作业成绩、实验操作成绩等数据均反映学生对力学理论知识和实验知识的掌握程度较好。(2) 对学生在虚拟仿真实验中的操作表现进行分析, 例如准确开展实验操作、准确计算实验数据、分析实验结果等等,

评估结论反映同学们基本掌握了所有的实验操作技能。

(3) 虚拟场景下可以让学生个性化调整各项实验参数,记录不同环境下的测试数据,评估结论反映虚拟实验提高了学生的主动探究性和互动性。(4) 即便是在虚拟场景下进行的实验,但是学生仍然需要掌握各项仪器设备操作规程,培养了同学们的实验技能,为后续在实验室开展实物实验打下坚实的基础。(5) 问卷调查结果、访谈记录等数据反映学生对基础力学虚拟仿真实验的兴趣和满意度有所提高,学习的主动性与积极性也有所提升。

4.2.2 创新能力与综合素质培养效果

在我校基础力学实验室 3 个学年的虚拟仿真实验教学实施过程中,发现学生在学习中总能够提出一些新的实验思路、或设计几个新的实验方案等。表明虚拟仿真实验教学模式在锻炼学生的自主探究能力、创新思维等方面产生了积极的影响。并且同学们在沟通表达能力、团队协作能力、解决问题能力等方面具有显著的提升。

4.2.3 教学质量

学生评价数据、同行评价数据等问卷的结果都反映虚拟仿真实验教学模式可以有效激发学生的学习自主性、主动探究能力,虚拟实验教学模式能够提高教学质量。在学生评价问卷中,多数学生反映虚拟仿真实验线上平台提供了交互性强的学习体验,让同学们可以深刻理解理论课上讲的抽象概念。在同行评价问卷中,教师们高度评价了虚拟实验教学模式在实验内容上的丰富性和教学模式上的创新性。

5 结语

基础力学虚拟仿真实验教学项目的应用,作为计算机技术与现代教育技术相结合的创新性成果,为我校的传统实验教学模式带来了变革。它不仅丰富了实验教学的方式方法,提高了实验教学的质量,而且还为同学们提供了更加便捷的学习途径。高度仿真的虚拟场景,让学生仿佛感同身受地亲临实验的全过程,深刻理解相关的力学原理,培养主动探究能力和创新能力。

但是,如前所述,虚拟仿真实验教学模式也面临许多难题。技术层面的局限性、实验内容与项目资源的欠缺、新模式难以推广和普及等等,这些都需要师生共同努力,不断探索和突破。例如:加强计算机技术的研发,提高虚拟模型的真实度与精确度;师生共同创新实验内容,丰富实验项目资源,满足大家对实验教学多样化的需求;转变实验教学模式,通过实验模块的可设计性和互动功能,锻炼学生的自主探究能力和创新能力;增

加宣传和推广力度,让广大师生接受和认可虚拟仿真实验教学模式。

展望未来,随着计算机技术和现代教育技术的持续发展,虚拟仿真实验教学模式与 AI 技术结合,将成为今后基础力学实验教学不可或缺的部分,将成为连接理论和实践、传统和现代、线上和线下的桥梁,将为高水平人才培养提供坚实的支撑。我们相信,在不久的将来,虚拟仿真实验教学将在教育领域散发出更加绚烂的光彩。

参考文献

- [1] 杨晟,张龙钊. “四维互动” 虚拟仿真实验教学体系的探索与实践[J]. 实验室研究与探索, 2024, (43): 224-229.
- [2] 李明耀,左建平,祝捷,等. “以学生为中心,以矿业为特色” 的工程力学虚拟仿真一流课程建设与实践[J]. 力学与实践, 2024, (46): 851-858.
- [3] 张慧琴,李中凯. 近十年我国高校虚拟仿真实验教学研究发展述[J]. 实验室研究与探索, 2024, (7): 246-252.
- [4] Chang Jing, Liu Dong. Optimising Learning Outcomes: A Comprehensive Approach to Virtual Simulation Experiment Teaching in Higher Education[J], International Journal Of Human-computer interaction, 2025, 4(41): 2114-2134.
- [5] 曲淑英,周志新,吴江龙,等. 工程力学虚拟仿真实验教学中心资源建设[J]. 实验室研究与探索, 2017, (36): 205-206.
- [6] 雷冬,朱飞鹏,殷德顺,等. 力学虚拟仿真教学实验室建设的探讨[J]. 实验技术与管理, 2014, 31(12): 95-100.
- [7] 吴莹,徐志敏,张陵. 适应“新工科” 人才培养需求的力学实验教学新模式[J]. 力学与实践, 2019, 41(1): 86-90.
- [8] 赵铭超,孙澄宇. 虚拟仿真实验教学的探索与实践[J]. 实验室研究与探索, 2017, 36(4): 90-93.
- [9] 王猛,熊宏齐,毛志山. 虚拟仿真实验课程开发的“四域十性” [J]. 实验室研究与探索, 2024, (43): 88-93.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC) 所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

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



OPEN ACCESS