

附件 2

2020 年度上海市级虚拟仿真实验教学课程
(原虚拟仿真实验教学项目) 申报表

学 校 名 称	上海理工大学
实 验 教 学 项 目 名 称	能源动力实验室安全虚拟仿真综合实验
所 属 课 程 名 称	实验室操作与安全培训
所 属 专 业 代 码	082901
实 验 教 学 项 目 负 责 人 姓 名	武卫东
有 效 链 接 网 址	http://vmi.usst.edu.cn/vlab/03-nengdong.html

上海市教育委员会制

二〇二〇年十月

填写说明和要求

1. 以 Word 文档格式，如实填写各项。
2. 表格文本中的中外文名词第一次出现时，要写清全称和缩写，再次出现时可以使用缩写。
3. 所属专业代码，依据《普通高等学校本科专业目录（2012 年）》填写 6 位代码。
4. 不宜大范围公开或部分群体不宜观看的内容，请特别说明。
5. 表格各栏目可根据内容进行调整。

1. 实验教学项目教学服务团队情况

1-1 实验教学项目负责人情况					
姓 名	武卫东	性别	男	出生年月	1973. 11
学 历	博士	学位	工学	电 话	13917527018
专业 技术职务	教授	行政 职务	教学 副院长	手 机	13917527018
院 系	能源与动力工程学院			电子邮箱	usstwwd@usst.edu.cn
地 址	上海市杨浦区军工路 516 号			邮 编	200093
<p>教学研究情况：主持的教学研究课题（含课题名称、来源、年限，不超过 5 项）；作为第一署名人在国内外公开发行的刊物上发表的教学研究论文（含题目、刊物名称、时间，不超过 10 项）；获得的教学表彰/奖励（不超过 5 项）。</p> <p>一、主持与参与的教学研究课题</p> <ol style="list-style-type: none"> 2020年，上海高校本科重点教改项目，“政产学研用”五位一体协同育人机制模式探索与实践，上海市教育委员会，负责人 2020年，教育部第二批新工科研究与实践项目，制冷空调行业“政产学研用”多元主体深度融合协同育人机制模式探索与实践，教育部，第二负责人 2018年，上海市首批虚拟仿真实验教学项目，上海市教育委员会，第2完成人 2012年，《制冷压缩机》重点课程建设项目，上海市教育委员会，负责人 2009年，《制冷原理与装置》市级精品课程，上海市教育委员会，第2完成人 <p>二、发表的教学研究论文</p> <ol style="list-style-type: none"> 虚拟设计与仿真教学平台实践与探索 ——以叶轮机械类专业教学为例，高教学刊，2019(26): 118-119. (第二作者) 高校青年教师角色转换及教育教学能力提升机制探讨，东方教育，2017(1): 11-13. (第一作者) 因材施教，夯实提高大学生素质教育质量，全国高校热能与动力工程学科教学研讨会论文集，上海，201101，65-68. (第一作者) 新形势下大学本科毕业设计质量保障问题的对策，上海理工大学学报(社科版)，2010 (2): 71-73. (第一作者) 					

5. 建设能源动力工程开放实验室的探索与实践, 实验技术与管理, 2018(4): 231-234.
(第三作者)
6. 《中国制造2025》背景下热工测控实验教学改革探讨, 实验室科学, 2017(6): 83-85.
(第四作者)

三、获得的教学表彰/奖励

1. 2018年, 宝钢教育基金会, 宝钢教育优秀教师奖
2. 2018年, 上海市教育委员会、上海市人事局, 上海市教学成果一等奖
3. 2014年, 上海市教育委员会、上海市人事局, 上海市教学成果二等奖
4. 2014年, 上海市教育委员会, 上海市育才奖
5. 2012年, 上海理工大学, 课程网站建设突出贡献奖

学术研究情况: 近五年来承担的学术研究课题(含课题名称、来源、年限、本人所起作用, 不超过5项); 在国内外公开发行刊物上发表的学术论文(含题目、刊物名称、署名次序与时间, 不超过5项); 获得的学术研究表彰/奖励(含奖项名称、授予单位、署名次序、时间, 不超过5项)

长期从事制冷空调热泵技术及应用、新型能源的开发利用等方面的教学及研究工作, 承担国家自然科学基金项目、国家科技支撑计划分项目、国家留学基金、上海市人才发展资金、上海市自然科学基金、上海市联盟计划及企业合作开发项目等20余项。发表学术论文80余篇, 获得授权发明专利10余项。

一、近五年来承担的学术研究课题

1. 课题名称: 带有离子液体溶液回路的CO₂压缩-吸收耦合制冷循环降压机理, 项目来源: 国家自然科学基金项目, 2017.01-2020.12, 课题负责人。
2. 课题名称: 蔬菜两相微晶冰预冷处理关键技术装备研究与示范, 项目来源: “十二五”国家科技支撑计划项目, 2015.01-2017.12, 分项目负责人。
3. 课题名称: 基于超声空化的含添加物非均相氨水鼓泡吸收强化特性, 项目来源: 教育部国家留学回国人员科研启动基金项目, 2015.1-2017.12, 课题负责人。
4. 课题名称: 超声空化下非均相纳米氨水溶液泡状吸收及强化机理研究, 项目来源: 上海市自然科学基金项目, 2014.07-2017.06, 课题负责人。
5. 课题名称: 新能源汽车热泵空调系统开发, 课题来源: 上海贝洱/马勒热系统有限公司, 起止年月: 2016.01-2018.12, 课题负责人。

二、近五年发表的学术论文

1. Predicting CO₂ Solubility in Imidazole Ionic Liquids for Use in Absorption Refrigeration Systems by Using the GC-EoS Method. **International Journal of Thermophysics**, 2017, 38 (9): 1-14. 第一作者. (SCI & EI)
2. The enhancing influence of nanoparticles on ammonia/water falling film absorption in binary nanofluids under pressure reducing conditions. **Journal of Thermal Science & Technology**, 2017, 12: 1-16. 第一作者. (SCI & EI)
3. Performance analysis of a novel household water purification system based on humidification-dehumidification principle, **Desalination**, 2019, 469: 114099. 第二/通讯作者. (SCI & EI)
4. Finite element analysis of heat transfer performance of vacuum glazing with low-emittance coatings by using ANSYS, **Energy and Buildings**, 2020, 206: 109584. 第二/通讯作者. (SCI & EI)
5. Study of a novel ceramsite-based shape-stabilized composite phase change material (PCM) for energy conservation in buildings, **Construction and Building Materials**, 2020, 246: 118479. 第二/通讯作者. (SCI & EI)

三、获得的学术研究表彰/奖励

1. 项目名称：天然制冷剂二氧化碳小型集成式制冷装置关键技术及产业化. 上海市科学技术进步奖，二等奖，上海市政府授予，排序第二，2015年。
2. 项目名称：CO₂模块化制冷单元研制及在冷柜中的开发应用. 科学技术进步奖，三等奖，中国制冷学会授予，排序第二，2013年。
3. 项目名称：果蔬冷链设备和技术研究及应用. 科学技术进步奖，一等奖，中国制冷学会授予，排序第五，2017年。
4. 项目名称：模块化制冷单元和自然冷媒 CO₂ 在冷柜中的开发应用. 中国机械工业联合会科技进步奖，二等奖，排序第七，2011.

1-2 实验教学课程教学服务团队情况

1-2-1 团队主要成员（含负责人，5人以内）

序号	姓名	所在单位	专业技术职务	行政职务	承担任务	备注
----	----	------	--------	------	------	----

1	武卫东	上海理工大学	教授	副院长	统筹及软件开发	在线教学服务
2	张华	上海理工大学	教授	副校长	总体建设规划	-
3	魏燕	上海理工大学	讲师	/	软件开发及教学	在线教学服务
4	应芝	上海理工大学	副教授	/	安全技术	技术支持
5	盛健	上海理工大学	高级实验师	副主任	实验技术	在线教学服务
1-2-2 团队其他成员						
序号	姓名	所在单位	专业技术职务	行政职务	承担任务	备注
1	杨其国	上海理工大学	教授	院长	建设指导及推广	-
2	崔国民	上海理工大学	教授	/	实验技术	技术支持
3	苏明旭	上海理工大学	教授	/	软件开发	技术支持
4	李凌	上海理工大学	教授	所长	教学管理	在线教学服务
5	杨英英	上海理工大学	副教授	/	在线答疑辅导	在线教学服务
6	赵志军	上海理工大学	副教授	主任	实验技术	技术支持
7	黄晓璜	上海理工大学	实验师	/	在线答疑辅导	在线教学服务
8	王敬鹏	上海理工大学	/	副科	系统管理维护	技术支持
9	于劲松	上海理工大学	实验师	/	实验技术	在线教学服务
10	赵月峰	上海理工大学	实验师	副主任	安全技术	在线教学服务
11	王勇	上海曼恒数字技术股份有限公司	工程师	项目经理	系统开发维护	技术支持
12	吴成武	上海曼恒数字技术股份有限公司	工程师	项目经理	系统开发维护	技术支持
项目团队总人数：17（人）高校人员数量：15（人）企业人员数量：2（人）						

注：1.教学服务团队成员所在单位需如实填写，可与负责人不在同一单位。

2.教学服务团队须有在线教学服务人员和技术支持人员，请在备注中说明。

2. 实验教学项目描述

2-1 名称

能源动力实验室安全虚拟仿真综合实验

2-2 实验目的

高校实验室作为培养大学生动手实践能力、创新科研能力的重要载体和“双一流”建设的重要基地，越来越多地向广大学生开放，甚至由学生自行管理，自主开展科研创新活动。然而，由于国内各高校的实验室安全教育水平参差不齐、学生作为高校实验人员主体的高度流动性、科研工作本身固有的未知不确定性等原因，实验室安全事故频发，国务院、教育部高度重视，多次发文要求“全员、全程、全面”引入虚拟仿真技术开展实验室安全教育。

随着学科交叉和医工融合的推进，能源动力类实验室内大型器械、高压高能高速装置、制冷低温设备的使用，制氢、微电网等新能源领域的教学研究工作中都存在着实验室安全事故的潜在风险。通过对不可及、高危、不可逆的危化品中毒、火灾、爆炸等安全事故现场的虚拟仿真，将实验室安全知识与应急处理技能的学习设计在相关专业实验各操作环节中，有利于学生在绝对安全的环境中通过游戏式学习和反复训练，从思维模式、行为习惯、应激反应上形成操作规范，并在关键时刻实施自救和互救。因此，本项目实验目的如下：

序号	实验目的	实现模块
1	了解和熟悉国内外常见实验室事故类型及原因，明确实验室危险源。	实验室安全事故案例
2	熟悉能源动力实验室环境及布局，提升实验室安全意识和环保素养。	实验室安全事故案例 能源动力实验室安全认知
3	掌握能源动力类实验室常用高压、高温、高能高速设备的操作方法及实验废弃物的规范化处理。	实验过程中的典型安全事故 安全技能考核
4	掌握实验室用电、用气、用火等安全知识要点及事故应急处理技能。	实验过程中的典型安全事故 安全技能考核

通过上述目的，建立能源动力实验室安全技能考核标准。

2-3 实验课时

(1) 实验所属课程所占课时：

所属课程：《实验室操作与安全培训》

所占课时：32 学时

(2) 该实验课程所占课时：4 学时

2-4 实验原理（简要阐述实验原理，并说明核心要素的仿真度）

本项目针对能源动力实验室可能存在的安全问题，依托 VR 和 AR 技术，构建能源动力类专业工程基础实验室场景，如新能源科学与工程实验室、工程燃烧学实验室、低温冷库与制冷系统性能实验室、高压容器爆破实验室等，核心要素仿真度不低于 80%，使学生身临其境。以新能源经典实验“生物碳电解制氢实验”等专业实验为载体，通过沉浸式虚拟人机互动，对《实验室操作与安全规程》课程所学知识点进行实践，以“实验室安全事故案例——实验室防护与安全认知——查找实验室安全隐患——实验操作及应急处理——实验室废弃物处理”五大知识板块为主线，使参加实验项目操作的学生建立实验室安全事故的应激反应模式，掌握实验室安全知识及技能，逐步提高实验室安全意识，传承实验室安全及环保理念，尊重生命，终身受益。

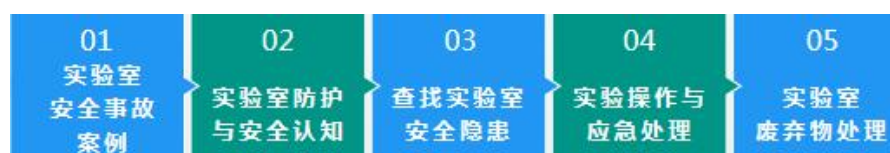


图 1 能源动力实验室安全虚拟仿真综合实验知识板块

(1) 实验室安全事故案例

以近年来国内外高校发生的实验室安全事故案例为素材库，通过新闻视频、图片展示、文字描述，真实展现事故发生过程，引发学生思考、分析与讨论，明确事故类型及发生原因，引导学生关注社会热点事件，建立社会责任感和实验室安全意识。

(2) 实验室防护与安全认知

通过虚拟技术人机交互，模拟学生进入新能源科学与工程实验室、工程燃烧学实验室、低温冷库与制冷系统性能实验室、高压容器爆破实验室等各能源动力专业实验室的场景，通过环境确认、紧急电话拨打、防护设备位置和使用、实验

室违禁物品排查等环节，以任务卡闯关小游戏的形式，使学生掌握进入实验室前的各项准备工作，规范行为习惯。

(3) 查找实验室安全隐患

基于以学生为实验室“安全责任人”主体的理念，让完成各项准备工作的学生进入实验室，通过逐步排查各个隐患，巩固实验室安全知识，提升识别危险源、处置危险源的实践技能。

(4) 实验操作及应急处理

以新能源经典实验“生物碳电解制氢实验”为例，结合学生操作能源动力实验室常用高压、高低温、高能高速设备的使用，如玻璃仪器、箱式高温炉、高速离心机、气体流量计等，明确仪器使用注意事项，如操作出现失误，则可能会导致事故，系统关联至相关火灾、电气、爆炸、辐射等事故及其应急处理，使学生真实意识到实验室安全的重要性及可能引发的严重后果，并演练并学会事故产生后的应急处理方法。

(5) 实验室废弃物处理

结合“实验室防护及安全认知”、“实验设备操作及应急处理”两个环节，通过真实、逼真、仿真度高的实验室局部细节，使清楚学生能源动力类实验室废弃物的产生、分类及危害，理解掌握实验室各类气、固、液等废弃物的处理设备、处理方法，为顺利完成实验室工作提供保障。

知识点：共 5 个

知识点（1）实验室常见安全事故原因、类型分析及预防对策：实验室安全事故主要可以分为火灾性事故、爆炸性事故、机电伤人事故等，事故原因有强氧化剂使用不当、冰箱爆炸起火等，可以通过健全管理制度和操作规章、加强安全教育，消除人的不安全行为等对策来预防。

知识点（2）实验室防护与安全认知：常见的消防、急救设施及安全标志主要包括报警器、防火毯、急救包、安全冲淋系统、冲眼器、灭火器分类及使用、实验室安全标志及逃生路线图的使用等。进入能动实验室主要包括防护眼镜、隔音耳塞、防护服或白大褂、PE手套或乳胶手套和口罩。一般放置于实验室入口

处橱柜内。女生注意披肩长发、配饰等不可外露，不可涂抹指甲等。

知识点（3）实验室危险源因素分类及识别：危险源是指加工、生产、处理、搬运、使用或贮存危险物质的生产装置、设施或场所。主要有物理性、化学性、环境性、人为性、行为性等危险源因素，通过判定其性质和种类，进行安全评价，并对其进行控制。

知识点（4）实验操作及应急处理：主要包括玻璃仪器使用安全及割伤、刺伤的应急处理，高压装置使用安全及预防火灾、爆炸事故的基本措施，高温装置使用安全及烧伤、烫伤的应急处理，实验室电气设备使用安全及危化品泄漏、中毒的应急处理等。

知识点（5）实验室废弃物的来源及分类、正确处理：实验室废弃物根据污染程度、主要成分和基本性质，可以分为化学废弃物（废气、废液、废渣）、生物废弃物、放射性废弃物和实验器械废弃物等，容易对环境、人体造成危害，需要妥善处理。

2-5 实验仪器设备（装置或软件等）

1. 电脑装置：

- （1）Win7/8/10 简体中文版的操作系统
- （2）主频 3.20GHZ 或更高的 CPU、1T 的硬盘
- （3）显卡容量 2GB 以上的显卡、容量 8G 以上的内存
- （4）分辨率 1920×1080 的显示器、鼠标、键盘等输入设备

2. 在线交互软件：

能源动力实验室安全虚拟仿真综合实验教学系统（无插件，可快速加载）

3. 线下多维交互方式的协同（可选择）：

- （1）沉浸式 VR 交互环境：手柄、HTC-VR 头盔、图形工作站
- （2）全息台：红外摄像头、手柄、眼镜
- （3）AR 台：mark、显示器、操作台
- （4）手机：二维码、虚拟眼镜

2-6 实验材料（或预设参数等）

1. 虚拟环境

(1) 虚拟实验室、虚拟人物、虚拟实验台、虚拟实验设备（教材电子书、实验记录本、玻璃仪器（石英）、箱式高温炉（温度范围：100~1200℃）、电子天平（0-220g，精度为 0.001g）、高压反应釜（0-5MPa,0~250℃）、磁力搅拌器（温度：0~300℃，搅拌速率：0~2000 r/min，实验搅拌速率 700 r/min）、电化学工作站（电压范围：-10V~10V）、气相色谱仪（实验温度 100℃）等。

(2) 虚拟耗材有 95%~98%浓硫酸、阴、阳极硫酸浓度为 1 mol/L、去离子水、阳极热解生物炭浓度 10g/L，实验温度 70℃等。

2. 实验室安全事故案例

近 5-10 年国内外主要实验室安全事故案例的文字信息、图片信息及视频报道等材料可在后台随时上传更新。

3. 电子版实验报告

系统根据学生操作表现部分生成，学生自行补充开放性题目答案。

2-7 实验教学方法（举例说明采用的教学方法的使用目的、实施过程与实施效果）

一、采用的教学方法

系统围绕“实验室安全事故案例——实验室防护与安全认知——查找实验室安全隐患——实验操作及应急处理——实验室废弃物处理”五大知识板块，每个板块横向知识拓展丰富，教学内容与教学方法上环环相扣，知识水平和实践能力逐步递进，层次分布符合教育教学规律，从传统的以教为主，转变为以学为主，学教互动融合，教学相长，提升学生互动性、参与性、浸入感，以个性化、自主化、开放化的感性认知强烈激发学生对实验室安全知识的学习兴趣，提高实验操作技能，提高突发事件自救和救护他人的能力，培养安全防范意识，传承实验室安全环保文化。

1. 以人才培养为目标，树立虚拟仿真实验设计理念

教师以开发、增强学生综合实践能力、创新创业能力为方向，深化具有应用型、创新意识人才培养特点的实验实践教学模式创新，以能源与动力工程领域的

坚实科研基础为依托，构建仿真的虚拟实验环境和实验对象，增强仿真难度与逼真度，按照培养学生“基本业务能力→综合执行能力→系统决策能力→创新创业能力”的目标依次开展“实验室安全认知→实验室操作→安全培训→现实环境实践”从“知识学习→虚拟仿真操作→线上线下答疑互动→在线考核→实验室实践演练”的系统实验。

2. 以现代信息技术为手段，构建虚拟仿真实验内容体系

教师在课堂上直接通过校园网连接实验中心服务器，将虚拟实验中的 VR 演示和设计操作步骤展示出来，结合多媒体教学，使学生更容易地理解实验操作过程，反复观摩学习。学生使用移动终端也可以浏览虚拟仿真实验内容，使课堂讲授过程变成了实地化，将知识点与相应的实验室安全事故直接相关联，有效提升理解效果和知识集成度。学生复习、预习和作业也可以在教室或宿舍上网参考实验内容和步骤，而且比视频、图形方式的讲解更具有可控性和交叉互动性，有效拓展师生沟通的时间和空间。

3. 以科学指导评价为激励，提升虚拟仿真实验学习效果

实验室安全基础理论知识涉及面广，如化学品安全、消防安全、电气安全、辐射安全、仪器设备使用安全、事故应急处理、废弃物处理等多个方面，知识点复杂，内容更新迅速。如果学生在线实验过程中缺少有效的指导和交流，实践证明，大部分同学都难以达到预期实验目的。针对此问题，教学团队成立在学院支持下组织由专业软件教师（包括校外专业公司）、专业课教师、专业实验指导教师和 VR 技术员等多个部门组成的课程教学辅导、开发与技术支持小组，分为在线指导组和集中指导组两个小组。

在线指导组专门配备移动终端和相应的实验辅助管理软件，随时查看学生的实验进度、状态及实验报告报告，查看并回答学生提出的问题，调阅实验过程记录、验证学生在实验中是否有错误，并给出相应的建议和指导，同时将难以在线解决的问题反馈给集中指导小组。集中指导小组根据在线辅导教师反馈的信息和较为集中的问题，根据小班化授课选课平台的排课结果，在实验室课堂给予集中指导，组织学生分批参加，有效解决了在线实验的指导困难或者“放羊”的问题，探索和提升了实验效果。

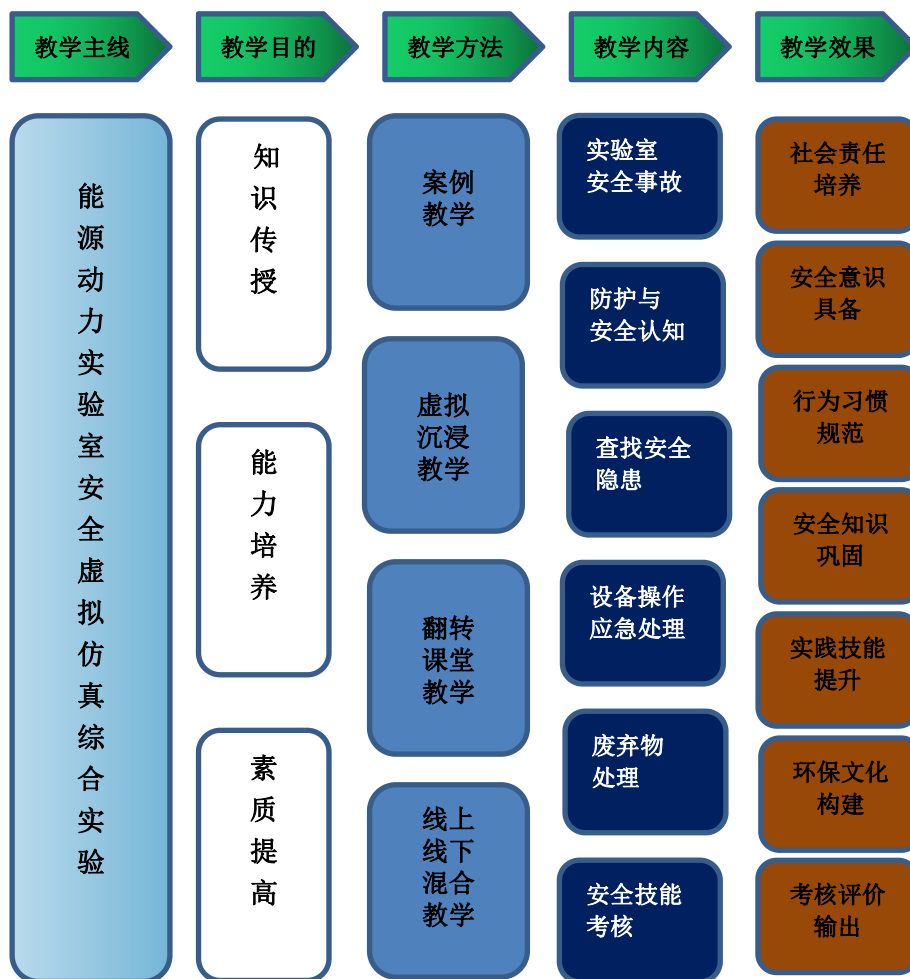


图 2 能源动力实验室安全虚拟仿真综合实验项目结构图

二、使用目的

能源动力实验室安全虚拟仿真综合实验以能源动力实验室安全知识为主线，通过案例教学法、三维虚拟仿真沉浸式教学法、翻转课堂教学法、线上线下混合式教学法等多种教学模式优势互补，从知识学习（预习实验指导书、教学视频）、仿真操作（虚仿教学系统）、答疑互动（线上线下答疑辅导反馈）、在线考核（虚仿教学系统、考核系统）到实验室实践演练等学习过程逐渐深入，激发学生的学习兴趣，并使学生真正掌握实验室安全知识，以实际实验室为参照的高仿真虚拟场景为载体，以学生为主体完成闯关游戏、实景操作、线上考核，多形式检验学生学习成效，提高学生实验室安全应急处理能力，提升实验室安全与环保素养。

三、实施过程

能源动力实验室安全虚拟仿真综合实验项目平台一共设置了四个模块，分别为“实验室安全事故案例——能源动力实验室安全认知——实验过程中的典型安全事故——实验室安全技能考核”。



图3 递进式实验室安全知识学习过程图

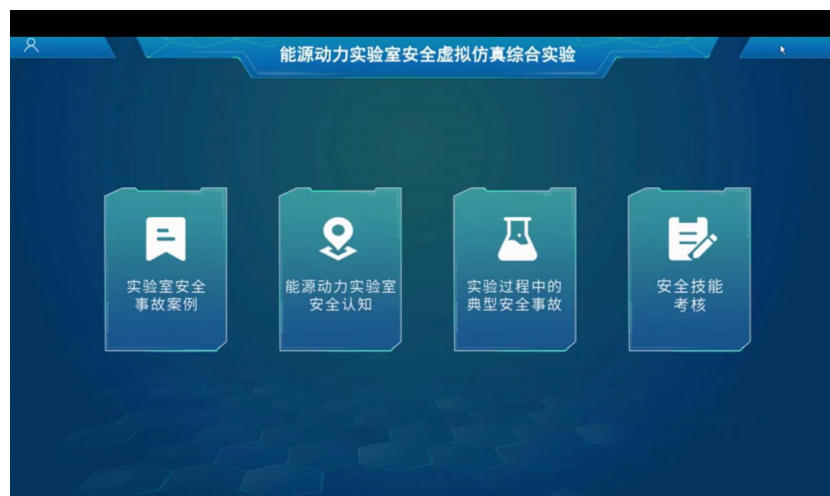


图4 能源动力实验室安全虚拟仿真综合实验教学系统主界面

各模块的功能如下：

（一）实验室安全事故案例

以近年来国内外高校发生的实验室安全事故案例为素材库，通过新闻视频、图片展示、文字描述，真实展现事故发生过程，引发学生思考、分析与讨论，让学生选择事故类型、发生原因及预防措施，引导学生关注社会热点事件，建立社会责任感和实验室安全意识。

（二）能源动力实验室安全认知

通过虚拟技术人机交互，模拟学生进入新能源科学与工程实验室、工程燃烧学实验室、低温冷库与制冷系统性能实验室、高压容器爆破实验室等实验室的场景，通过选择实验人员性别、防护配件、环境确认、紧急电话拨打、安全设备位置和使用、管理、应急处理等环节，以任务卡闯关小游戏的形式，使学生掌握进入实验室前的各项准备工作，规范行为习惯。

（三）实验过程中的典型安全事故

以新能源经典实验“生物碳电解制氢实验”为例，结合学生认知能源动力实验室常用高压、高低温、高能高速设备的使用，如玻璃仪器、箱式高温炉、高速离心机、气相色谱仪等，明确仪器使用注意事项、管理流程和应急处理。在实验过程中由于操作出现失误，对导致的实验室安全事故，需要由学生选择正确的火灾、电气、爆炸、辐射等事故应急处理，使学生真实感受到实验室安全的重要性及可能引发的严重后果，并演练并学会事故产生后的应急处理方法。实验结束后，通过实验操作及事故使学生了解能源动力类实验室废弃物的产生、分类及危害，理解掌握实验室各类气、固、液等废弃物的处理设备、处理方法，为顺利完成实验室工作提供保障。



图 5 能源动力专业实验室入口



图 6 能源动力专业实验操作入口

(四) 实验室安全技能考核

该模块主要分为课后作业上传、实验室安全考核（理论考核、实践考核）、意见与建议三个部分。（1）课后作业上传：本项目为 4 个学时的课程。2 个学时完成后，要求学生课后走访校内相关实验室，基于以学生为实验室“安全责任人”主体的理念，逐步排查实验室内各个隐患，上传照片及描述文字，通过教师点评、学生分组讨论后，帮助学生巩固实验室安全知识，提升识别危险源、处置危险源的实践技能。（2）实验室安全考核（理论考核、实践考核）：理论考核部分要求学生在完成前五个环节的基础上，完成实验室安全技能考核。试题库资源包括通识类、电气类、机械类、辐射类、化学类、生物类等六大类别，共计 1208 个题目，类型分单项选择题、多项选择题、判断题三种，系统根据之前环节的表现情况，抽取题目供学生测试。实践部分要求学生在没有实验操作步骤提示的情况，自行完成“生物碳电解制氢实验”，不能出现错误操作而导致实验室安全事故。（3）建议与意见：在学生完成平台所有模块任务及考核后，对平台提出描述个人心得体会，提出意见与建议，为平台持续改进建设提供方向。



图 7 能源动力实验室安全虚拟仿真综合实验实施过程

1、具体课程实施过程如下：

(1) **自主预习、考核准入：**基于翻转课堂的引导式、开放式教学，教师提前布置预习任务，以预习考核方式引导学生主动预习，学习过程如图 7 所示。根据学习通平台学习统计数据及课堂抽查结果，确认学生在完成教学计划中的前期理论知识学习、预习视频、实验指导书等资料的预习工作后，方可进入本系统的学习。

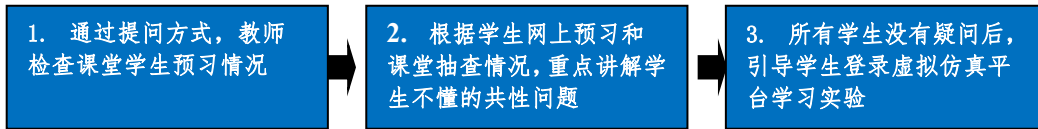


图 8 能源动力实验室安全虚拟仿真综合实验预习考核准入方式

(2) **组建团队、分析讨论：**学生在“实验室安全事故案例”、课后作业上传讨论分析等部分，通过自行组建团队、分工合作、讨论分析，从惨痛事故中吸取教训，在实地考察、查找实验室安全隐患等过程中激发思考，加深印象，从而掌握实验室事故类型及发生原因、实验室危险源分类及识别，教师从旁协助指导促进。

(3) **教师引导、操作考核：**虚拟实验室操作和在线考核完全以学生自主使用系统完成任务为主，检验知识掌握情况，教师可根据课堂上学生提出的共性问题和后台数据分析，在课堂上或者课后线上线下答疑辅导时做针对性讲解。

(4) **课后延伸、实践演练：**实验室知识必须在实践中应用和反复演练，才能转变自身行为习惯和应急模式，完成本项目教学的学生才可以以进入实验室、参加事故演练、技能比赛等丰富多彩的第二课堂形式，学以致用，巩固学习效果。

2、具体实验项目学时安排如下：

✓ 第一、二学时：

首先由教师了解学生预习情况，讲解本课时知识点和共性问题。符合预习考核要求的学生登录虚拟仿真平台，进入平台主界面，如图 4 所示。学生首先进入“实验室安全事故案例”模块，根据预习所学，选择事故类型、发生原因及预防措施。然后进入“能源动力实验室防护与安全认知”模块，选择性别、防护配件、环境确认、紧急电话拨打、安全设备位置和使用、管理、应急处理等环节，以任务卡闯关小游戏的形式，完成进入实验室前的各项准备工作，规范行为习惯。

教学课堂以学生为主体，教师为主导，学生通过自行组建团队、分工合作、讨论分析，激发思考，加深印象，提升实验室安全意识，掌握实验室安全知识与

技能，教师指导促进。此 2 学时结束后，要求学生课后走访校内相关实验室，基于以学生为实验室“安全责任人”主体的理念，逐步排查实验室内各个隐患，在网站平台上传照片及描述文字。

✓ 第三、四学时：

首先由学生分组讨论、教师点评作业上传情况，帮助学生巩固实验室安全知识，提升识别危险源、处置危险源的实践技能。教师讲解本课时重要知识点和共性问题。然后学生自行进入平台主界面，进入“实验过程中的典型安全事故”模块，以“生物碳电解制氢实验”为例，按照操作步骤提示，完成实验设备认知、实验操作、废弃物处理，体验浓酸喷溅、化学品中毒、火灾、爆炸等实验室事故的危险情景，学习以上实验室安全事故的应急处理技能。

最后学生进入“实验室安全技能考核”模块，完成理论与实践考核。教师根据预习、平台统计数据、课堂表现、开放性题目回答情况等综合评定学生成绩。

三、实施效果

本项目学习过程以学生为主体完成认知学习、任务卡闯关游戏、实景操作、线上考核，切实帮助学生熟悉了能源动力专业实验的各操作环节，激发初步科研兴趣，提高了学生的安全防范意识，并使学生真正掌握了实验室安全事故的施救与自救方法。其实施效果与以往枯燥的灌输式教学模式相比，学生的学习兴趣更加浓厚，记忆更加深刻，既提高了学习效率，还提高了测试的完成率和通过率，学生安全和环保意识增强，降低了仪器设备的损坏几率，有效减少安全事故发生。

自 2018 年投入使用以来，面向我校能源与动力工程学院及兄弟学院开展年均 1400 余人次的多专业多年级实验教学，已被列入我校工程相关专业实验室操作实训环节的必修内容。同时，该项目提供给上海虚拟仿真实验教学工程技术研究中心、上海出版印刷高等专科学校使用，累计培训相关专业师生 256 人。

疫情期间，我校实验课程也实施了线上线下混合式教学，所有能源动力实验课程如《工程热力学实验》、《工程流体力学实验》，引导学生 346 人完成本实验项目的在线学习，成绩合格学生达到 98.6%。返校后，参与实验室安全大学生创新创业项目学生 5 人。经过本项目，学生的实验室安全意识、设备操作能力有了明显提升。在 2020-2021 学年第一学期的实验教学中，学生在实验室饮食、奔跑等危险行为的发生率明显降低，实验课上设备损坏台数比例下降了 32%。

2-8 实验方法与步骤要求（学生交互性操作步骤应不少于 10 步）

（1）实验方法描述：

本项目立足于虚拟仿真技术与能源动力实验室安全问题相融合，以虚拟仿真教学中心为平台，多模块设计梳理大量实验室安全知识点，将实验室安全知识与应急处理技能的学习设计在相关专业实验各操作环节中，有利于学生高效率完成学习，游戏式界面增加实验趣味性、参与性，高仿真实验室场景增强实验真实感、沉浸感。

实验方法主要包括课前知识学习、课中多模式操作、课后实践演练巩固三个环节，其中课中多模式操作通过学生虚拟仿真平台操作、团队答疑互动、在线考核评价引导学生完成“实验室安全事故案例——实验室防护与安全认知——查找实验室安全隐患——实验操作及应急处理——实验室废弃物处理”五大知识板块的学习与技能训练，并在安全技能考核模块检查学习效果。学生在课前完成知识预习积累的前提下，在虚拟仿真教学中心机位上进行虚拟仿真操作，以学生自主学习为主，教师课堂指导、线上线下答疑为辅，结合答题闯关、考核系统进行成绩评价，为后续实验室实地开展专业性实验项目、第二课堂演练做好准备。

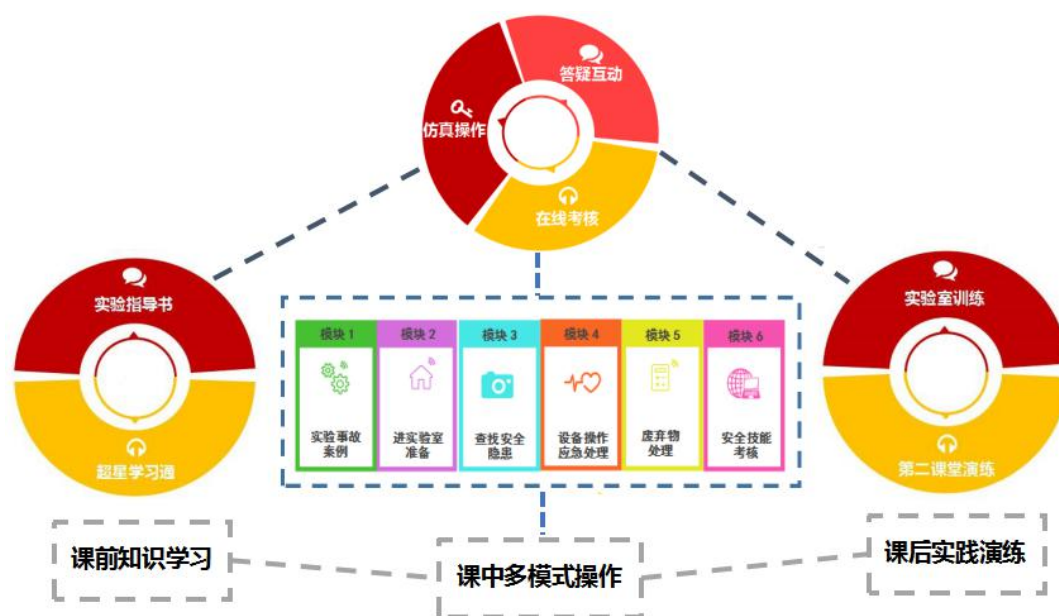
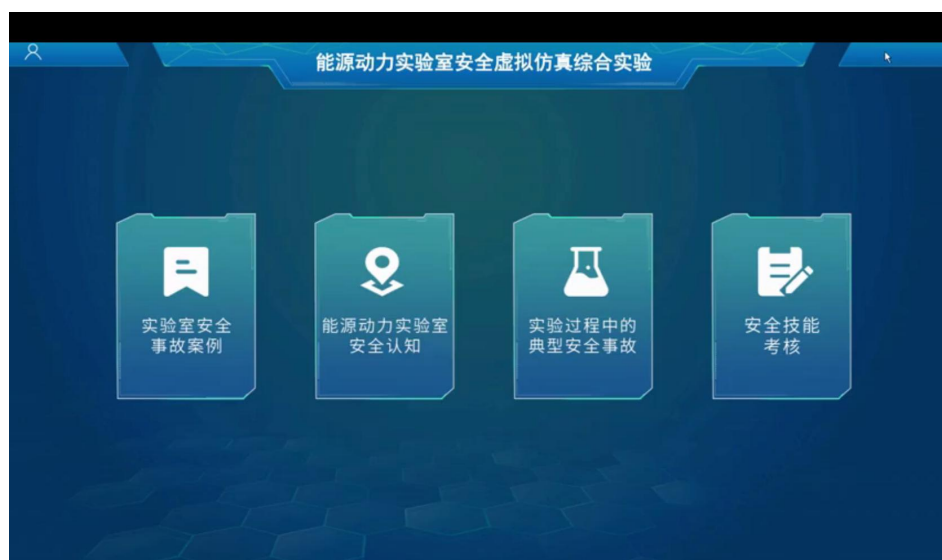


图 9 能源动力实验室安全虚拟仿真综合实验实验方法

学生交互性操作步骤： 12

(2) 学生交互性操作步骤说明：

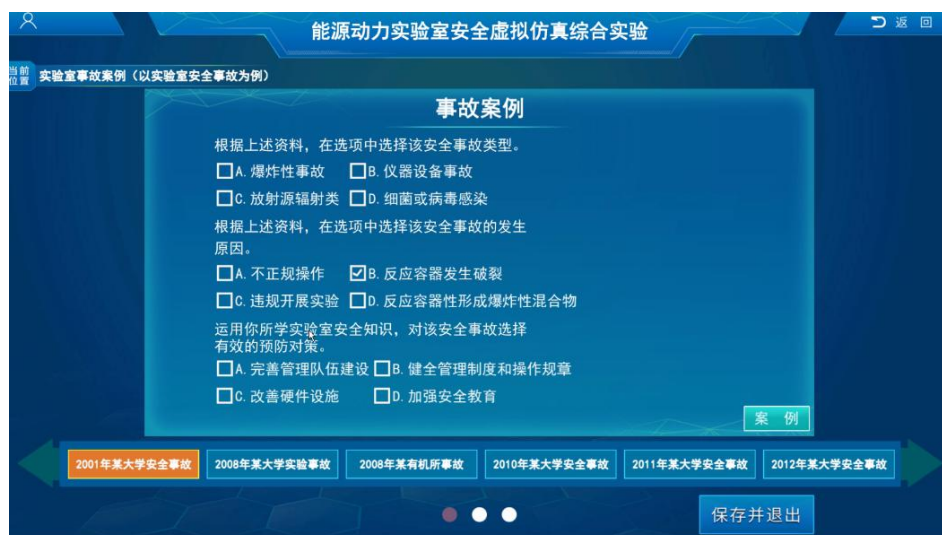
登录实验项目网站后，点击开始实验，进入加载界面，加载完成后进入主界面，分为“实验室安全事故案例、能源动力实验室安全认知、实验过程中的典型安全事故和实验室安全技能考核”四个模块。



1) 点击进入“实验室安全事故案例”模块，根据年份选择高校实验室安全事故案例，观看事故相关图片、视频报道；



2) 点击答题, 根据预习所学知识点, 在选项中选择该安全事故类型、发生原因, 并对该安全事故选择有效的预防对策;



3) 完成“实验室安全事故案例”后, 可进入“能源动力实验室安全认知”学习。点击模块进入, 根据自身性别选择虚拟人物, 选择个人防护设备, 如护目镜、防护手套、实验服、防护口罩等;





4) 选择正确后，进入实验室内场景。以新能源科学与工程实验室为例，根据画面下方的任务卡提示，在实验室中找到急救包、灭火毯、报警器、灭火器、洗眼器安全逃生路线等安全设施及气瓶、废液桶等危险源，点击查看其使用说明、管理流程及应急处理措施，完成该所有实验室安全认知模块内容后方可进入下一模块。





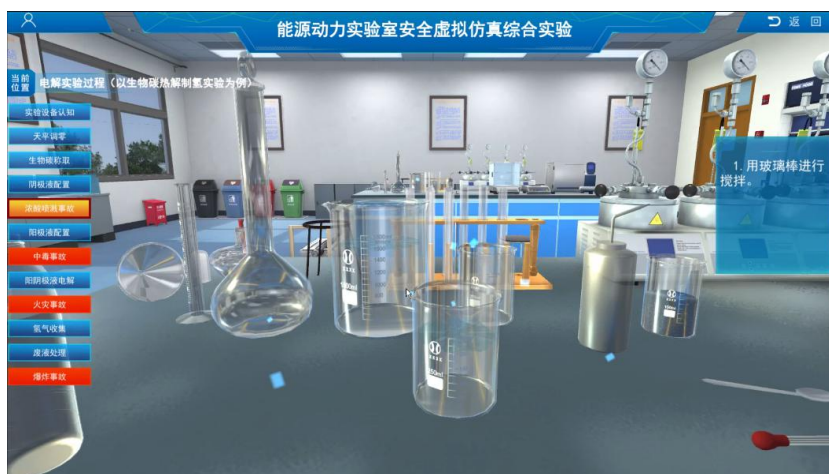
5) 点击“实验过程中的典型安全事故”模块后，选择具体实验场景开展实验，如以新能源经典实验“生物碳电解制氢实验”为例体验浓酸喷溅、中毒、火灾、爆炸等实验室安全事故情境，明确发生原因，掌握应急处理方法。

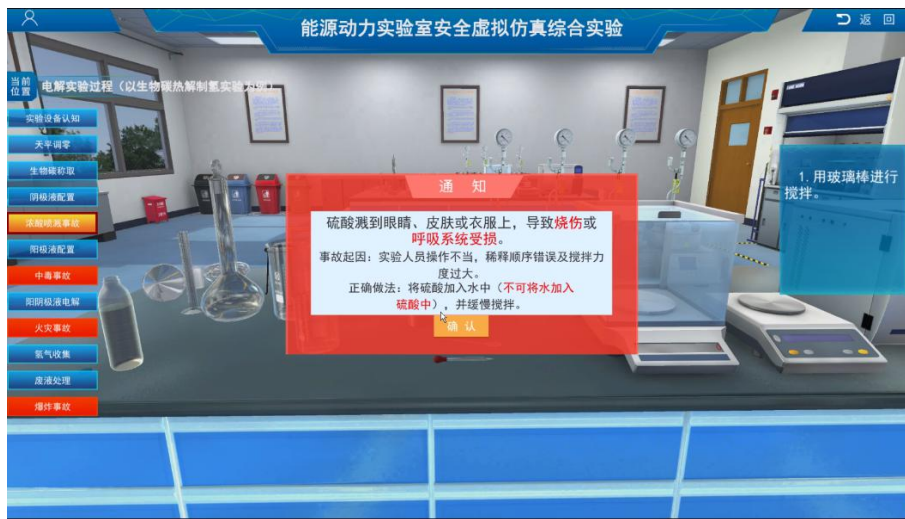


6) 根据任务卡提示找到实验需要使用的主要设备或器材，分别点击简介、使用、管理和处理，了解仪器使用规范流程。找到所有设备后，完成实验准备工作，按下键盘 G 键开始实验。

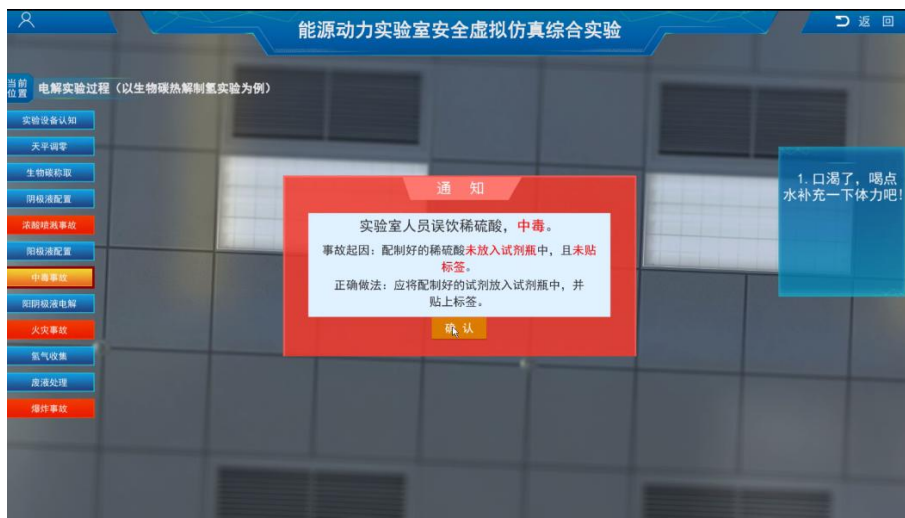


7) 根据右侧画面提示，完成天平调零、称取生物炭、配制阴极液等操作。由于浓硫酸稀释操作不当，界面出现警告并提示错误，点击继续实验按钮，出现浓硫酸喷溅事故现象，并弹出事故起因和正确做法等提示。

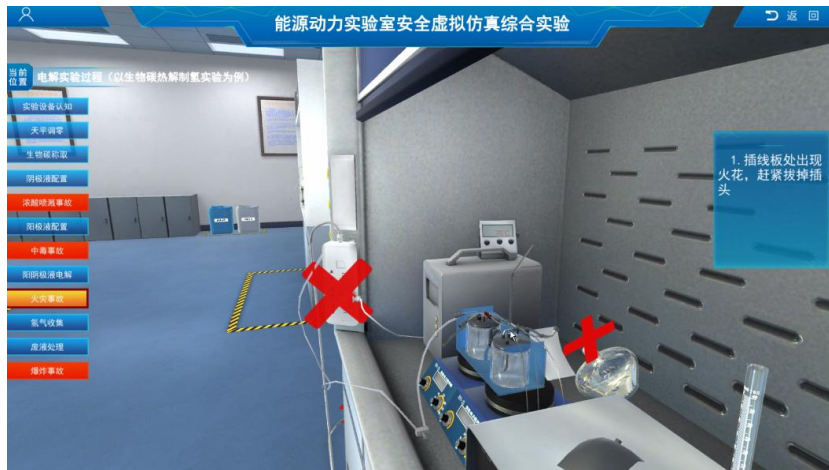




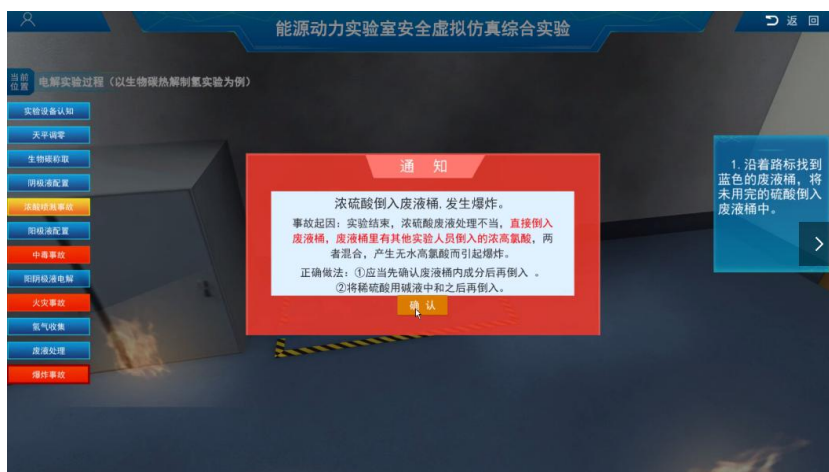
8) 点击确认后, 需选择正确的应急处理方式后方可继续实验操作, 完成阴极液配制等操作。由于实验试剂存放不当且未贴标签, 界面出现警告并提示错误, 点击继续实验按钮, 出现稀硫酸中毒事故现象, 并弹出事故起因和正确做法等提示。



9) 点击确认后, 需选择正确的应急处理方式后方可继续实验操作, 完成阴阳极液电解等操作。由于多个插排串联、酒精灯摆放不当, 界面出现警告并提示错误, 点击继续实验按钮, 出现电气火灾事故现象, 并弹出事故起因和正确做法等提示。



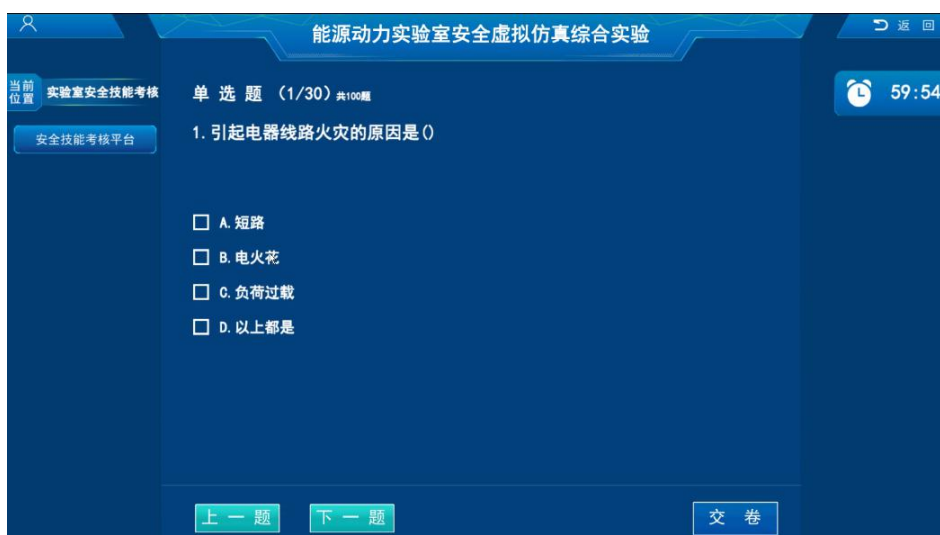
10) 点击确认后, 需选择正确的应急处理方式后方可继续实验操作, 完成氢气收集、废液处理等操作。由于废液处理不当, 界面出现警告并提示错误, 点击继续实验按钮, 出现爆炸事故现象, 并弹出事故起因和正确做法等提示。



11) 点击安全技能考核模块，选择实践考核。要求学生在没有实验操作步骤提示的情况，自行完成“生物碳电解制氢实验”，不能出现错误操作而导致实验室安全事故。



12) 点击理论考核，进入实验室安全准入考试页面，完成试题库抽取的单项选择题、多项选择题、判断题。完成答题后，点击交卷完成实验。



2-9 实验结果与结论要求

- (1) 是否记录每步实验结果：是 否
- (2) 实验结果与结论要求：实验报告 心得体会 其他
- (3) 其他描述：

实验环节有得分纪录、错误操作汇总、操作时间记录等统计信息，考核系统有错题显示和评分，学生可根据自己要求多次重复操作和考试，系统以最高成绩更新。实验报告除以上统计数据外，开放性题目如心得体会、意见建议、反馈互动等内容，根据自身情况填入后输出个性化报告。

2-10 考核要求

根据发展性、过程性和形成性的评价要求，从实验预习、实验操作、实验习题、实验报告四个方面全面考核和评价学生的学习成效。具体考核要求、评分细则和比例如下：

考核要求	考核内容	评分细则
实验预习(15%)	预习是否完成任务点、在线时长(网上提交)	10
	实验目的、任务及背景知识(翻转课堂抽查提问)	5
实验操作(35%)	实验步骤是否清楚，应急处理方法是否准确	10
	仪器的操作方法是否正确、规范	15
	对实验现象的观察是否细致	10
实验习题(25%)	习题解答是否正确、是否独立安全完成实验操作	10
实验报告(25%)	实验目的、原理、实验操作步骤、实验数据记录与处理、实验结果和结论、注意事项、对实验的评价和建议等是否完整	15
	课堂互动反馈、对实验结果的分析讨论是否充分	10
总分(100%)		100

2-11 面向学生要求

(1) 专业与年级要求

本实验项目主要面向能源与动力工程专业（热能工程、动力机械工程、制冷与空调工程、工程热物理）、新能源科学与工程专业、过程装备与控制工程专业的大三、大四学生，同时生物、医疗、化学、环境类相关专业的学生，只要具有实验室工作需要的在校本科生和研究生都可参加。

(2) 基本知识和能力要求

在使用本虚拟仿真实验系统学习前，要求学生已经完成《实验室操作与安全培训》课程的前期学习，以及相关教学视频、实验指导书等资料的学习。如确实有参加课程需要的学生，如具备高中物理、化学知识基础，有一定实验操作经验，熟悉计算机操作，经一定培训后方可参与。

2-12 实验项目应用及共享情况

- (1) 本校上线时间：2018年3月
- (2) 已服务过的本校学生人数：1400
- (3) 是否纳入到教学计划：是 否
(勾选“是”，请附所属课程教学大纲)
- (4) 是否面向社会提供服务：是 否
- (5) 社会开放时间：2019年1月，已服务人数：256人

3. 实验教学课程相关网络及安全要求描述

<p>3-1 有效链接网址：http://vmi.usst.edu.cn/vlab/03-nengdong.html</p> <p>备用地址：http://shlg.ilabvr.com</p>				
<p>3-2 网络条件要求</p> <p>(1) 说明客户端到服务器的带宽要求（需提供测试带宽服务） 需要 10M 以上带宽</p> <p>(2) 说明能够支持的同时在线人数（需提供在线排队提示服务） 支持 100 名以上学生同时在线并发访问和请求。</p>				
<p>3-3 用户操作系统要求（如 Windows、Unix、IOS、Android 等）</p> <p>(1) 计算机操作系统和版本要求 推荐使用 Windows7 以上 64 位操作系统</p> <p>(2) 其他计算终端操作系统和版本要求：无</p> <p>(3) 支持移动端：<input checked="" type="checkbox"/>是 <input type="checkbox"/>否</p>				
<p>3-4 用户非操作系统软件配置要求（如浏览器、特定软件等）</p> <p>(1) 需要特定插件 <input type="checkbox"/>是 <input checked="" type="checkbox"/>否</p> <p>（勾选“是”，请填写）</p> <table><thead><tr><th>插件名称</th><th>插件容量</th></tr></thead><tbody><tr><td>下载链接</td><td></td></tr></tbody></table> <p>(2) 其他计算终端非操作系统软件配置要求（需说明是否可提供相关软件下载服务）</p> <p>支持浏览器</p> <ol style="list-style-type: none">1) Google Chrome 9+ 64 位版本2) Mozilla Firefox 4+ 64 位版本3) Opera 12 alpha 64 位版本 及以上版本4) 360 极速浏览器 64 位版本5) 2345 浏览器急速模式 64 位版本6) UC 浏览器急速模式 64 位版本	插件名称	插件容量	下载链接	
插件名称	插件容量			
下载链接				

3-5 用户硬件配置要求（如主频、内存、显存、存储容量等）

(1) 计算机硬件配置要求

CPU: i5 主频: 3.20GHZ 及以上

内存: 8GB 以上

显卡: 2GB 以上

硬盘: 1T

(2) 其他计算终端硬件配置要求: 无

3-6 用户特殊外置硬件要求（如可穿戴设备等）

(1) 计算机特殊外置硬件要求

无。

(2) 其他计算终端特殊外置硬件要求

无。

3-7 网络安全

(1) 项目系统是否完成国家信息安全等级保护 是 否

(勾选“是”，请填写) 二级

4. 实验教学课程技术架构及主要研发技术

指标	内容
<p>系统架构图及 简要说明</p>	<p>“能源动力实验室安全虚拟仿真综合实验”总体层次结构分为“基础支撑层”、“系统数据库模型库系统”、“系统仿真层”和“系统应用层”等四大层级。具体系统结构图如下：</p>  <p style="text-align: center;">图 10 项目系统结构图</p> <p>(1) 基础支撑层</p> <p>基础支撑层是系统安全可靠运行的支撑与保障，包括与系统建设相关的法规及标准体系和运行环境体系两部分。其中，法规及标准体系包括系统运行的组织管理机构保障体系、运维管理保障体系、政策法规体系以及相关的计算机数据、服务、应用标准规范体系等。运行环境体系包括机房基础设施、硬件及网络、系统软件、安防及灾备等。</p> <p>(2) 数据库与模型库</p> <p>数据库与模型库是虚拟仿真实验项目的基础，它包括两部分的内容，其中数据库中主要以字段的形式存放相关属性信息、用户信息、音效信息、模型信息、操作规程信息、元数据信息等数据；模型库中既包含了虚拟场景中所用到的模型数据，又包含为丰富演示功能，提高教学效果所需的动画、纹理、音频、视频、三维景观数据等，模型库中的信息通常以文件的形式</p>

	<p>进行存储，通过索引和元数据的形式与数据库相关联。</p> <p>(3) 系统仿真层</p> <p>系统仿真层是虚拟仿真实验项目建设的核心内容，它以平台门户系统为统一访问界面，对外提供数据服务接口和功能服务接口。用户既可以通过支撑平台所提供的功能完成相关教学、训练、考核等工作，又可利用支撑平台所保留的接口功能，完成数据添加、用户与权限管理等操作。</p> <p>系统仿真层整体来说可分为实验原理知识介绍、实验道具设备认知、实验素材的整合、实验教学方法的开拓、实验操作流程、实验报告考核判定几大功能。</p> <p>(4) 系统应用层</p> <p>系统应用平台建立在数据支撑平台之上，根据平台归纳，分为以下功能模块：1) 用户管理功能；2) 实验报告管理；3) 理论知识学习；4) 实验报告与自主学习判定；5) 后台管理等。</p>	
实验教 学项目	<p>开发技术</p>	<p><input type="checkbox"/>VR <input type="checkbox"/>AR <input type="checkbox"/>MR <input checked="" type="checkbox"/>3D 仿真 <input type="checkbox"/>二维动画 <input type="checkbox"/>HTML5 其他 <u>三维动画技术、WebGL 技术</u></p>
	<p>开发工具</p>	<p><input checked="" type="checkbox"/>Unity3D <input checked="" type="checkbox"/>3D Studio Max <input checked="" type="checkbox"/>Maya <input type="checkbox"/>ZBrush <input type="checkbox"/>SketchUp <input type="checkbox"/>Adobe Flash <input type="checkbox"/>Unreal Development Kit <input type="checkbox"/>Animate CC <input type="checkbox"/>Blender <input checked="" type="checkbox"/>Visual Studio <input type="checkbox"/>其他 <u> </u></p>
	<p>运行环境</p>	<p>服务器 CPU <u>i5</u> 核、内存 <u>8</u> GB、磁盘 <u>1</u> T、 显存 <u>2</u> GB、GPU 型号 <u> </u></p> <p>操作系统 <input checked="" type="checkbox"/>Windows Server <input type="checkbox"/>Linux <input type="checkbox"/>其他： 具体版本 <u>推荐使用 Windows7 以上 64 位操作系统</u></p> <p>数据库 <input checked="" type="checkbox"/>Mysql <input type="checkbox"/>SQL Server <input type="checkbox"/>Oracle 其他 <u> </u></p> <p>备注说明 <u> (需要其他硬件设备或服务器数量多于 1 台时请说明) </u></p>

	<p>项目品质(如:单场景模型总面数、贴图分辨率、每帧渲染次数、动作反馈时间、显示刷新率、分辨率等)</p>	<p>单场景模型总面数: 80 万左右 贴图分辨率: 96dpi 每帧渲染次数: 70FPS 动作反馈时间: 15ms 显示刷新率: 30s 分辨率: 1900×1000</p>
--	---	--

5. 实验教学项目特色

(体现虚拟仿真实验教学课程建设的必要性及先进性、教学方式方法、评价体系及对传统教学的延伸与拓展等方面的特色情况介绍。)

以大学生为主体的实验室安全教育是有效开展高校实验室安全管理工作的基本保障和重要支撑。然而传统实验教学过程中,实验室安全教育基本以理论教学、安全讲座、准入考试、知识竞赛为主,实验室事故实地实景训练不可行或者人力物力成本巨大。但是纯理论说教对学生个人针对性不强,学生没有参与积极性。实验室安全教育不应当仅仅限于意识层面和知识层面的提升,对实验室突发安全事故的应急处理能力和现场应变能力是实验室安全培训的重点,只有一一次次在沉浸式场景反复操作中演练,从思维模式、行为习惯、应激反应上形成规范,才能在事故现场处变不惊,冷静应对。

从学校管理层面和教师层面而言,实验室由于教学、科研的需要,不能安排大量的学生进行实地训练和反复操作,实验室教师在反复讲解过程中也会产生重复性工作疲劳,学生往往进入实验室时全凭经验和师生口口相传,片面了解一些实验室安全知识。在虚拟仿真环境下,各种教学案例和内容都可以保存、通过虚拟仿真软件的后台上传、管理、更新,可以让学生实时在网页端浏览、操作。在虚拟仿真软件中,3D模型代替传统模型,“以虚补实”,节约成本,方便教学。虚拟仿真系统配有独特的自主学习模块,能显著提高学生的自主学习能力,更好地提升学生的创新能力和学习主观能动性。

通过百度指数检索可以看出,大众对实验室安全管理和教育的关注指数逐年上升,具体情况如图:

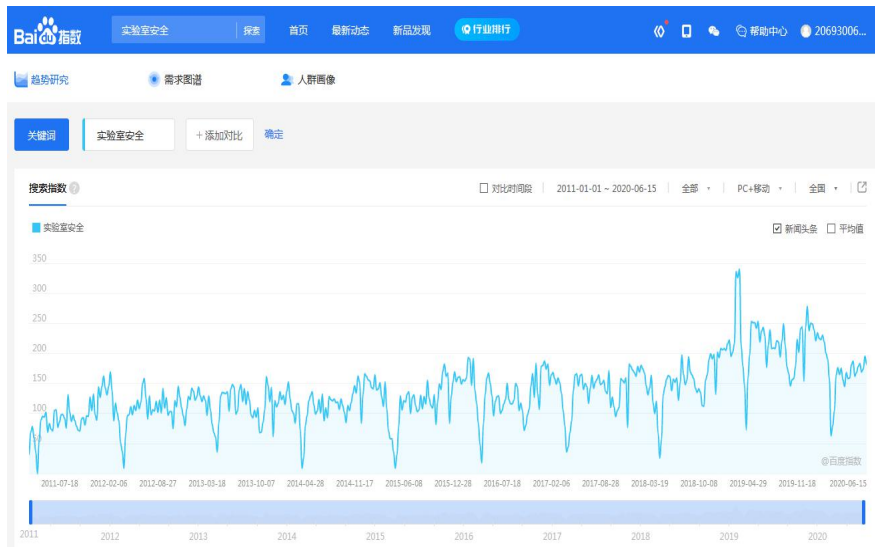


图 11 实验室安全管理和教育的百度指数逐年上升

一、项目建设必要性和设计思路

近年来各高校逐渐重视实验室安全管理和教育，目前在 ilab-X（国家虚拟仿真实验教学项目共享平台）上以“实验室安全”为关键词搜索实验项目，有 10 个相关项目，其中国家级项目 4 个。但是以上项目都与生物、医疗、化学相关，针对能源动力专业实验室安全的虚仿实验教学项目尚未见到。

(1) 随着学科交叉和医工融合的推进，能源动力类实验室内大型器械、高压高能高速装置、制冷低温设备的使用，制氢、微电网等新能源领域的教学研究工作中都存在着实验室安全事故的潜在风险。

(2) 能源动力专业学生往往认为实验室事故是医疗、化学、生物相关的实验研究容易出现的，实验室不规范操作的潜在风险容易被忽略，或由于抱有侥幸心理等原因，从而不重视实验室安全知识和技能的积累，到事故发生一时才手忙脚乱、晕头转向，最后造成不可挽回的损失。特别是对于火灾、爆炸、危化品泄漏等实验室事故场景，学生置身于此训练的人身安全无法保障。

(3) 通过对不可及、高危、不可逆的危化品中毒、火灾、爆炸等安全事故现场的虚拟仿真，将实验室安全知识与应急处理技能的学习设计在相关专业实验各操作环节中，有利于学生在绝对安全的环境中通过游戏式学习和反复训练，从思维模式、行为习惯、应激反应上形成操作规范，并在关键时刻实施自救和互救。

二、教学方法创新

1、以学生为主体，教师为主导，学教互动融合，教学相长

在教学方法与人才培养方面，项目坚持以学生为中心，一切从学生的需求出发。教学团队不仅注重对学生社会责任感、创新精神、实践能力的综合培养，更加注重知识传授、能力培养、素质提高的协同实施。通过开展教学实验，最终达到激发学生学习兴趣和潜能、增强创新创造能力的目的。课堂教学以学生为主体，以教师为主导，教师在整个教学过程中答疑解惑为辅，学生可以在课堂内外自主、反复练习，从传统的以教为主，转变为以学为主，学教互动融合，教学相长。

经过两个学年的实施，《实验室操作与安全培训》课程的学生评教成绩从90.53提升到93.86，学生参与实验室安全工作的积极性得到提高，除课程学习以外，新增参与实验室安全大学生创新创业项目学生5人。

2、多种教学方法融合，发挥实验教学优势，提升学生实践技能

教学过程将虚拟实习课程与传统课程相结合，做到“虚实结合”，通过案例教学法、三维虚拟仿真沉浸式教学法、翻转课堂教学法、线上线下混合式教学法等多种教学模式优势互补的教学方法，发挥实验教学实践性、操作性和互动性强等课程优势。实验指导教师讲解实验方法和实验步骤，并对整个实验前、中、后全过程加以指导和引导，启发学生创新意识，培养学生发现问题、解决问题的能力，调动学生学习的积极性。实验中，教师通过提问、质疑等方式激发学生充分发挥想象，发掘创造潜能，提升解决实际问题的综合能力。



图 12 能源动力实验室安全虚拟仿真综合实验教学方法

经统计，2020-2021 学年第一学期的学院实验教学课程中，学生在实验室饮食、奔跑等危险行为的发生率较 2018-2019 学年第一学期明显降低，实验课上设备损坏台数比例下降了 32%。

三、评价体系创新

1、三位一体的在线离线反馈与评价

在实验教学反馈与评价方面，采用三位（任课教师、专业实验指导教师及 VR 技术员的全方位融合）一体（以学生及实验为主体）体系。根据发展性、过程性和形成性的评价要求，从实验预习、实验操作、实验习题、实验报告四个方面全面考核和评价学生的学习成效。教学团队的在线指导组和集中指导组可以有效结合，解决学生在线实验的指导缺失问题，探索和提升指导有效性和实验效果。

2、双向评价反馈更新，不断提高实验教学质量

项目除了《实验室操作与安全培训》课程外，可以纳入《工程热力学》《工程流体力学》《传热学》《燃烧学》《动力工程测控技术》等课程的实验教学中，作为实验室安全教育内容放入课程教学体系。系统本身拥有不断更新的评价体系，学生提交的报告可以保存与共享，项目既包含客观题目的自动纠错功能，也包含老师对主观题目的批改功能。根据使用学生和老师的反馈，从实验操作易用程度、理论与实际结合密切度、学生课后满意度等作为评价指标，制定相关教学效果评价办法，提高虚拟实验的教学质量。

四、对传统教学的延伸与拓展

将虚拟现实和增强现实技术应用在实验室安全教育中，具有以下显著优势：基于 VR/AR 的实验室安全教育没有时间和地点的限制，只要具有相应的软硬件条件即可实施；基于 VR/AR 的实验室安全教育过程互动性好，学生的接受程度高，教育效果相比传统方法具有一定优势；显著降低了实验室工作人员的劳动强度和实验耗材的使用成本，且被培训者可根据需要进行定期巩固培训效果；火灾逃生、化学撒漏等不便进行实践训练的项目可以通过虚拟现实的方法进行培训；实验室安全教育效果的实时反馈：通过虚拟现实中被培训者的表现，可以及时对安全教育效果进行评价，并对教育方法进行改进；便于实现实验室安全教育的标准化。

除了让知识点更形象，让能源动力专业实验室各场景的获取更方便，学生还可以在虚拟系统中观察操作专业实验室的各种设备，初步培养学生的科研观

念及兴趣。项目内容可以根据传统课程内容的变动、社会实验室安全热点不断扩展多个专业实验载体，管理员端可以随时上传最新教学资料。

项目建设过程中各课程主讲老师深度参与，可以提供丰富的课程资料及专业的修改意见，企业工程师与老师、学生随时沟通，确保建设内容的准确性，并能满足老师的教学需求和学生的学习需求。项目配合功能强大且开放性的支撑平台，线上线下多项软硬件内容联合使用，作为该项目的内容支撑，可以让学生通过多种交互方式反复巩固知识点。

经过两个学年的实施，学生对课程各知识点的理解和掌握速度明显提高，比如对灭火器的分类和使用，在虚拟仿真实验上线以前，学生需要通过消防演练才能学会使用和操作，上手时间平均需要 18 分钟左右，考题有关题目的答题正确率在 83%。经过虚拟仿真实验操作训练以后，实践操作上手时间平均缩短 5 分钟，答题正确率提升到 92%。

6. 实验教学项目持续建设服务计划

(本实验教学课程今后 5 年继续向高校和社会开放服务计划及预计服务人数)

(1) 项目持续建设与服务计划:

1) 特色与创新资源项目建设和更新:

项目后续会不断对实验室安全事故案例、实验室设备、应急处理等内容扩充，持续扩展实验内容，满足全课程实验教学体系，帮助学生理解和掌握理论知识与实践技能。

增加交互功能的设计，满足教师和学生对于创新型实验的设计需求，充分体现学生自主式学习。增强平台对优质资源的共享能力和稳定性，满足更大的用户并发访问。用户对软件的应用效果、存在的技术问题、内容需求等反馈信息进行收集，提交软件开发商进行完善。

2) 后续经费投入计划:

前期本项目已投入 28 万元，主要用于新能源科学专业实验室和相关专业实验的虚拟仿真操作。在前期投入的基础上，计划再投入经费 60 万元，经费来源主要包括上海理工大学精品本科教学质量提升计划专项、能源与动力工程

学院实验室建设专项，并争取实验室安全企业培训部门的投入。

具体规划如下：

序号	建设内容	经费投入 (万元)
1	工程燃烧学实验室虚拟场景构建	6
2	低温冷库与制冷系统性能实验室虚拟场景构建	8
3	高压容器爆破实验室虚拟场景构建	8
4	火焰传播速度测定实验中的实验室安全事故 虚拟仿真实验	12
5	CO ₂ 跨临界循环冷藏柜性能测试实验中的实验室安全事故 虚拟仿真实验	12
6	厚壁圆筒爆破及测试实验中的实验室安全事故 虚拟仿真实验	14
	合计	60

(2) 面向高校的教学推广应用计划：

该项目自 2018 年投入使用以来，面向我校能源与动力工程学院及兄弟学院开展年均 1400 余人次的多专业多年级实验教学，已被列入我校工程相关专业实验室操作实训环节的必修内容。同时，该项目提供给上海虚拟仿真实验教学工程技术研究中心、上海出版印刷高等专科学校使用，累计培训相关专业师生 256 人。

本项目主要面向但不限于能源动力专业的学生，教学内容对各个专业有实验需求的学生都非常适用，将在今后 5 年继续向其他院校全天 24 小时开放、年度开放服务人数 1500 人以上进行教学推广和开放使用，以及互换交流共享资源相互学习，也可与兄弟院校或者企业共同建设共享。

项目团队将通过举办会议、论坛等形式，与国内外院校、相关实验室共享建设思路、经验和成果的资源，以实现国内相关专业院校共享建设成果。同时还可以满足能源动力、材料、机械等专业的需求，培养未来卓越工程师具备专

业的实验室安全环保知识，具备安全操作和应急救护能力。

项目将持续应用多媒体、虚拟现实、增强现实、大数据、三维建模、人工智能、人机交互、超级计算、传感器、云计算等网络化、数字化、智能化技术手段，与有相关教学内容的院校加强交流，收集反馈意见，不断丰富和完善虚拟仿真实验内容，发挥更大的作用。

(3) 面向社会的推广应用计划：

今后计划在上海工程技术大学、长沙理工大学等高校教学推广的同时，面向上海电气（集团）教育中心等单位全天 24 小时开放、年度开放服务人数 500 人资源。通过开放共享，提高受众实验室事故应急处理能力和安全环保社会责任感，同时不断收集意见建议，持续对本项目进行优化、完善和升级。

7. 知识产权

软件著作权登记情况	
软件著作权登记情况	<input checked="" type="checkbox"/> 已登记 <input type="checkbox"/> 未登记
完成软件著作权登记的，需填写以下内容	
软件名称	能源动力实验室安全虚拟仿真综合实验软件
是否与项目名称一致	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
著作权人	上海理工大学
权利范围	全部权利
登记号	2020SR1517660

8. 诚信承诺

本人承诺：所申报的实验教学设计具有原创性，项目所属学校对本实验项目内容（包括但不限于实验软件、操作系统、教学视频、教学课件、辅助参考资料、实验操作手册、实验案例、测验试题、实验报告、答疑、网页宣传图片文字等组成本实验项目的一切资源）享有著作权，保证所申报的项目或其任何一部分均不会侵犯任何第三方的合法权益。

本人已认真填写、检查申报材料，保证内容真实、准确、有效。

实验教学项目负责人（签字）：



2020年11月7日

9. 附件材料清单

1. 政治审查意见（必须提供）

（本校党委须对项目团队成员情况进行审查，并对项目内容的政治导向进行把关，确保项目正确的政治方向、价值取向。须由学校党委盖章。无统一格式要求。）

一、课程组成员审查

上海理工大学《能源动力实验室安全虚拟仿真综合实验》虚拟仿真实验教学课程负责人武卫东及其团队成员张华、魏燕、杨其国、应芝、李凌、杨英英、赵志军、盛健、陈家星、黄晓璜、王敬鹏、于劲松、赵月峰等教师，坚决拥护中国共产党的领导，爱党爱国，政治立场坚定，认真学习党的相关理论，贯彻党中央的精神；深入学习并领会习近平总书记在全国教育大会上的重要讲话精神，学习并了解召开全国教育大会的时代背景，充分认识召开全国教育大会的重大意义，牢固树立“四个意识”，坚定“四个自信”，推进“四个回归”，坚持以立德树人为根本，抓好思想道德教育、文化知识教育、社会实践教育各个环节，扎扎实实做好高校人才培养工作。

在日常工作中，课程组成员爱岗敬业、为人师表、态度严谨，有扎实的教学和科研基础，带领同学积极开展各类创新创业活动，取得了优异的成绩，以实际行动为学校推动高水平大学建设工作添砖加瓦，无私奉献。

二、课程审查

《能源动力实验室安全虚拟仿真综合实验》虚拟仿真实验教学课程旨在通过对不可及、高危、不可逆的危化品中毒、火灾、爆炸等安全事故现场的情景构建，将能源动力实验室安全知识与应急处理技能的学习设计在相关专业实验各操作环节中，使学生在绝对安全的学习环境中，通过沉浸式虚拟人机互动，了解事故发生原因和危害，学会危化品中毒、火灾、爆炸、触电等实验室事故情景下的应急处理，从思维模式、行为习惯、应激反应上，掌握实验室安全知识及技能，逐步提高实验室安全意识，传承实验室安全及环保理念。实验平台为课程组自主研发，具有自主知识产权。

该课程源于实践，能通过“实验室安全事故原因、类型分析及预防对策、实验室个人防护与安全认知、实验室危险源的分类与识别、实验操作及事故应急处理、实验室废弃物处理”等综合知识的学习与运用，融入课程思政元素，教学内容与教学方法上环环相扣，逐步提升学生的安全知识水平和实践能力。综上，该课程内容导向正确合规，以正确的价值取向提高学生的实验室事故应急处理能力和安全环保社会责任感，有利于培养德才兼备的优秀大学生。

《能源动力实验室安全虚拟仿真综合实验》虚拟仿真实验教学课程组成员政治及师德表现优秀，实验课程内容丰富充实，价值导向积极向上，符合国家对当代大学生培养的理念与要求。



2. 校外评价意见（可选提供）

（评价意见作为项目有关学术水平、项目质量、应用效果等某一方面的佐证性材料或补充材料，可由项目应用高校或社会应用机构等出具。评价意见须经相关单位盖章，以1份为宜，不得超过2份。无统一格式要求。）

上海虚拟仿真实验教学工程技术研究中心对本系统的评价意见如下：

虚拟仿真实验教学项目情况说明

上海理工大学能源与动力工程学院武卫东教授主持开发的“能源动力实验室安全虚拟仿真综合实验”项目自 2019 年引入我研究中心并应用于产教融合培训基地课程中，为前来进修的相关专业师生提供了新的实验平台和实验方法，师生可在安全的环境下进行虚拟实验室操作、高危事故应急处理等操作，深受师生好评。

该虚拟仿真实验主要特点及应用效果如下：

1、该仿真实验系统以上海理工大学在能源与动力工程领域的坚实研究基础为依托，将实验室安全知识与应急处理技能的学习设计在相关专业实验各操作环节中，对提升学生的实验操作能力、安全环保意识有很大的帮助。

2、该系统通过认知、操作、考核等模块，让学生在游戏式学习中轻松掌握实验室安全操作与应急处理的知识要点，通过反复训练使学生建立实验室安全事故的应激反应模式。系统的沉浸感、互动性非常好，学生可以很快熟悉该系统，学习积极性得到提高。

3、利用网络可以让学生自行安排学习时间和地点，开展独立或互助式的学习，很好地激发了学生的参与热情，显著提高了学生的自主学习能力，学生的创新能力和学习主观能动性得到了明显提升。

上海虚拟仿真实验教学工程技术研究中心

2020年10月20日



3. 课程教学大纲

《实验室操作与安全培训》课程教学大纲（详见附件）

4. 软件著作权登记证书（详见附件）

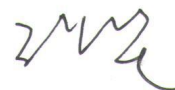
10 申报学校承诺意见

本学校已按照申报要求对申报的虚拟仿真实验教学项目在校内进行公示，并审核实验教学项目的内容符合申报要求和注意事项、符合相关法律法规和教学纪律要求等。经评审评价，现择优申报。

本虚拟仿真实验教学项目如果被认定为“国家虚拟仿真实验教学项目”，学校将严格贯彻《教育部高等教育司关于加强国家虚拟仿真实验教学项目持续服务和管理有关工作的通知》（教高司函〔2018〕56号）的要求，承诺将监督和保障该实验教学项目面向高校和社会开放，并提供教学服务不少于5年，支持和监督教学服务团队对实验教学项目进行持续改进完善和服务。

（其他需要说明的意见。）

主管校领导（签字）：



2020 年 11 月 12 日

附 课程教学大纲

《实验室操作与安全培训》课程教学大纲

一、课程基本信息

课程名称	实验室安全与操作培训					
	Education of Security and Operation in Laboratory					
课程代码	19101730		开课单位	能源与动力工程学院		
课程负责人	武卫东		课程类别	理论类		
课程性质	专业课程		学分	1.0	学时	32
学时分配	理论	16	实验	16	上机	0
学习负荷	32+16					
教学团队	武卫东、魏燕、应芝、赵月峰等					
授课语言	中文					
适用专业	能源与动力工程、新能源科学与工程、过程装备与控制工程、材料科学与工程、环境科学与工程、环境工程等相关专业					
前修课程	无					
后续支撑	专业系列实验 B(1)、专业系列实验 B(2) 等实验或科研实践创新活动					
课程思政设计	该门课程通篇涉及实验安全，开篇入题，由个人安全到公共安全到国家安全，进而引入国家信息安全，培养学生的爱国情操和社会责任感。每篇章节内容根据专业内容都可融入思政元素，使课程思政贯穿于教学始终。					
课程简介						
课程定位： 《实验室操作与安全培训》课程是能源与动力工程等专业本科生必修的一门专业拓展基础课程。本着“以人为本”的人本精神和“立德树人”的社会责任，从大学生身心健康的长远影响出发，开设本课程。						
课程内容： 本课程主要介绍了实验室安全教育的必要性和安全规章制度，消防安全系列知识，危险化学品的分类及使用，实验室用电安全，压力容器的使用和实验室辐射的防护措施，实验安全操作，实验事故的防范与应急处理以及实验废弃物的处理等与实验室密切相关的内容，增强学生的学实验室安全意识。						

核心学习成效:

通过本课程的学习,使学生了解实验室安全相关的基础理论知识,掌握识别实验室各种危险源及危险隐患的基本方法和专业有效的安全防护技术,在提高学生实验室安全意识的同时,获得终身受益的实验室安全防护知识及技术。

教学方法:

在教学过程中,采用多种教学方法相结合的模式,比如:实践教学、课堂演示、案例教学等;充分利用网络资源,如虚拟仿真实验教学共享平台、网络微视频教学等。授课采用多媒体PPT为主的线下讲课形式与中国大学慕课、实验室安全教育考试等线上自学、虚拟仿真系统实操自测相结合的方式,带领学生参观能源动力专业实验室,组织学生参加学校安全生产月活动,并根据过往案列、实验室安全检查安全隐患实拍,让学生课堂“纠错”。

教材与学习资源:

课程网站: <http://vmi.usst.edu.cn/vlab/03-nengdong.html>

课程教材:《实验室操作与安全培训》指导书,上海理工大学自编教材

参考书目: [1] 《高校实验室安全基础》.朱莉娜等主编.天津大学出版社 2014.05

[2] 《CRC Handbook of Laboratory Safety》.Edited by A. Keith. Furr, Ph.D Boca. Raton: CRC Press LLC, 2000

教学条件: 多媒体教室,能源动力虚拟仿真实验室

二、课程目标

目标	课程目标	支撑毕业 要求指标点	毕业要求
1	了解实验室安全相关的基础理论知识	初步掌握工程科学与技术基础知识	1. 工程科学技术知识
2	掌握识别实验室各种危险源及危险隐患的基本方法和专业有效的安全防护技术	系统地掌握基础知识与理论,培养学生充分利用已掌握的知识和一切现代工具发现问题、解决问题,对结果归纳、分析的能力	2. 实验安全知识 3. 问题分析 4. 科学工作能力 5. 使用现代工具
3	提高学生实验室安全意识,获得终身受益的实验室安全防护知识及技术	具备自觉改善涉及健康、安全和社会环境质量的的社会责任感,能够在工作中理解和遵守职业道德规范,并运用专业知识有效沟通,在团队中担负起责任,具有终身学习的意识和能力。	6. 职业规范 7. 个人与团队 8. 沟通 9. 终身学习

三、教学内容

教学模块	教学内容	学生学习预期成果	教学方式	支撑的课程目标
一 绪论	<p>1. 教学内容:</p> <p>1) 实验室安全的重要性</p> <p>2) 实验室安全教育的必要性</p> <p>2. 教学重点:</p> <p>1) 实验室常见事故的类型及原因分析。</p> <p>3. 教学难点:</p> <p>1) 课程教学目的、意义。</p> <p>4. 课程思政:</p> <p>1) 安全教育-实验室常见事故;</p> <p>2) 爱国主义教育、国家信息安全教育-课程教学目的。</p>	<p>1. 总结分析实验室常见事故的原因;</p> <p>2. 具备实验室安全意识。</p>	<p>1 教师:</p> <p>线上: 案例视频</p> <p>线下: 采用课堂研讨, 案例分析: 近期国内外高校典型实验室安全事故。</p> <p>2 思政教学:</p> <p>线上: 国家信息安全案例视频。</p> <p>线下: 结合案例, 研讨安全无处不在, 引入爱国主义教育, 国家信息安全教育。</p> <p>3 学生</p> <p>线上: 收集近三年内, 国内外高校实验室安全事故案例</p> <p>线下: 分析归纳收集的案例, 事故原因, 应对措施。</p>	目标 1 目标 3
二 消防安全、消防设施与消防器材、实验事故的防范与应急处理	<p>1. 教学内容:</p> <p>1) 燃烧与爆炸的基本知识、火灾的特点与分类、火灾预防措施和火灾扑救</p> <p>2) 了解各消防设施工作原理、认识防火与安全疏散设施、会正确使用灭火器等灭火设备</p> <p>3) 实验过程中的人身防护、实验事故应急处理方法、实验室紧急应变程序。</p> <p>2. 教学重点:</p> <p>1) 掌握实验室消防灭火知识</p> <p>2) 会使用如紧急喷淋装置、洗眼器、灭火器、</p>	<p>1. 熟悉消防基础知识和技术, 认识常见的消防设施和器材, 掌握化学实验室消防灭火知识并会使用如紧急喷淋装置、洗眼器、灭火器、灭火毯、灭火沙等灭火器材;</p> <p>2. 了解各消防设施工作原理, 认识防火与安全疏散设施, 会正确使用灭火器等消防器材;</p> <p>3. 熟悉并会正确使用化学实验过程中人身防护设备, 掌握各种实验事故的应急处理方法, 熟悉实验室紧急应变程序。</p>	<p>1 教师:</p> <p>线上: 案例视频</p> <p>线下: 课堂研讨, 采用消防演练案例教学。</p> <p>2 思政教学:</p> <p>线上: 典型案例: 良好的火灾预防措施, 有序的分工合作, 使火灾危害降到最低。</p> <p>线下: 生活学习科研活动成立小组, 分工合作。</p> <p>学生:</p> <p>1) 案例学习: 中国大学慕课网实验室安全视频</p> <p>2) 撰写报告: 火险扑救的方法, 体现合作意</p>	目标 1 目标 2 目标 3

	<p>灭火毯、灭火沙等灭火器材。</p> <p>3. 教学难点：</p> <p>1) 火灾的特点与分类</p> <p>2) 火灾预防措施和火灾扑救</p> <p>4. 课程思政：</p> <p>1) 团队意识、合作意识，一一火险扑救</p>		<p>识、团队意识。</p>	
<p>三 危险 化学 品、 用电 安全、 压力 容器 安全、 化学 实验 的基本 安全 操作</p>	<p>1. 教学内容：</p> <p>1) 危险化学品介绍：爆炸品，气体，易燃液体，易燃固体、易于自燃物质、遇水放出易燃气体的物质，氧化性物质和有机过氧化物，毒性物质和感染性物质，放射性物质，腐蚀品等。</p> <p>2) 用电安全：用电安全的重要性，引起电气火灾的主要因素，化学实验室常用仪器设备安全使用常识，电气事故的规律性，触电急救方法等。</p> <p>3) 压力容器安全：压力容器的危险性、定义、分类、设计、生产和使用，各类气瓶的使用和管理等。</p> <p>4) 使用化学试剂、玻璃器皿、天然气灯、汞、铬酸洗液以及典型实验过程中的安全操作。</p> <p>2. 教学重点：</p> <p>1) 掌握各类危险化学品的特性，选择合适的方法，预防各类危险化学品可能的灾害，一旦发生灾害，可以采用正确的方式处理。</p>	<p>1. 掌握各危险化学品的危险特性，能选择合适的方法预防可能引发的各种灾害，一旦发生危险能采用正确的方式处理；</p> <p>2. 熟悉引起电气火灾的主要因素和化学实验室常用仪器设备的安全使用常识，掌握触电急救方法；</p> <p>3. 熟悉能源动力专业实验室用到的各压力容器，了解压力容器的设计、生产，掌握各压力容器的使用方法，熟悉各气体钢瓶的颜色标志并掌握检漏方法等；</p> <p>4. 掌握能源动力专业实验的基本安全操作，熟悉操作过程需要注意的事项。</p>	<p>教师：</p> <p>线上：案例视频</p> <p>线下：课堂研讨，采用案例教学。</p> <p>思政教学：</p> <p>线上：典型案例和虚拟仿真实验，因为微小疏忽造成的安全事故，引导学生认真踏实做事。</p> <p>线下：学生推举自己身边认真踏实做事的学生榜样。</p> <p>学生：</p> <p>1) 案例学习：中国大学慕课网实验室安全视频</p> <p>2) 撰写报告：分析自己科研用到的危险化学品、仪器设备、压力容器的危险特性或评估设计的实验操作的安全性。</p>	<p>目标 1 目标 2 目标 3</p>

	<p>2) 熟悉实验室引起电气火灾的主要因素,掌握化学实验室常用的仪器设备安全使用常识以及触电急救方法。</p> <p>3) 熟悉实验室用到的各压力容器和各类气体钢瓶的颜色标志并掌握检漏方法。</p> <p>4) 熟悉实验操作过程需要注意的事项。</p> <p>3. 教学难点:</p> <p>1) 危险化学品的危险特性以及一旦发生危险,可采取的正确处理方式。</p> <p>2) 触电急救措施。</p> <p>3) 常见压力容器的操作。</p> <p>4) 掌握各专业实验的基本安全操作。</p> <p>4. 课程思政:</p> <p>1) 教导学生做人做事认真真、踏踏实实,一步一个脚印,打下牢固基础。</p>			
<p>四、实验室危险化学品废弃物处理</p>	<p>1. 教学内容: 实验室危险废弃物的危害、处理原则,危险废弃物的无害化处理的主要方法以及常见实验室危险废弃物无害化处理的方法和集中回收、统一消纳。</p> <p>2. 教学重点: 常见危险化学品无害化处理的主要方法以及统一回收的废液的分类存放方法。</p> <p>3. 教学难点: 常见危险化学品统一回收废液的分类存放。</p>	<p>1. 了解实验室危险废弃物的危害和处理原则;</p> <p>2. 掌握危险化学品无害化处理的主要方法;</p> <p>3. 掌握统一回收的废液的分类存放方法。</p>	<p>教师:</p> <p>线上: 案例视频</p> <p>线下: 课堂研讨,采用案例教学。</p> <p>思政教学:</p> <p>线上: 典型案例和虚拟仿真实验,因为废弃物处理不当造成的安全事故,引导形成环保安全习惯。</p> <p>线下: 展开讨论,在科研中学生开展痕量实验、绿色实验。</p> <p>学生:</p> <p>1) 案例学习: 中国大学慕课网实验室安全</p>	<p>目标 1</p> <p>目标 2</p> <p>目标 3</p>

	4. 课程思政：增强学生的环保和安全意识，教导学生做“健康中国”的践行者。		视频 2) 在学习生活中，做“健康中国”的践行者。	
--	---------------------------------------	--	------------------------------	--

四、教学进程安排

序号	教学内容	课内学时		课外学时	课外学习内容
		理论	实践		
1	绪论	1/理论	1/实践	1	安全的重要性
2	消防安全	1/理论	1/实践	1	消防安全
3	消防设施与消防器材	2/理论	2/实践	2	实验室消防设施和消防器材的使用
4	危险化学品	2/理论	2/实践	2	危险化学品的危险特性以及处理
5	用电安全	2/理论	2/实践	2	用电安全
6	压力容器安全	2/理论	2/实践	2	实验室常见的压力容器
7	化学实验安全操作	1/理论	1/实践	1	化学实验安全操作
8	实验事故的防范与应急处理	2/理论	2/实践	2	实验室事故的防范与应急处理程序
9	化学废弃物处理	1/理论	1/实践	1	化学实验室废弃物处理的程序
10	机动+考试等	2/理论	2/实践	0	

注：教学进程可按教学周数制定，教师可根据实际教学要求添加或删除表格行数。

五、课程考核

课程目标	考核要点	考核与评价方式及成绩比例 (%)					成绩比例 (100%)
		过程考核				系统操作	
		作业	报告	设计	自测		
1	近 10 年高校化学实验室安全事故事例原因分析					√	30
2	危险化学品、高压设备、实验操作过程安全评价	√					20
3	消防设施、消防器材的使用	√					10
4	实验室安全教育考试					√	10
5	实验废弃物的处理			√			10

6	实验室事故防范 与应急处理				√		20
合计							100
期末考试资格							
<p>学生完成选课手续后不间断正常听课，且按要求完成规定作业者，方可参加课程考核；对于无故缺课或不能按时、按量完成作业的学生，在其平时成绩中酌情扣减分数；对于无故缺课3次以上或作业未完成二分之一者，取消其考核资格，课程考核成绩以零分记。课程考核不及格者，不取得学分。</p>							
期末考试形式							
<input checked="" type="checkbox"/> 闭卷笔试 <input type="checkbox"/> 开卷/半开卷 <input checked="" type="checkbox"/> 小论文 <input type="checkbox"/> 报告 <input type="checkbox"/> 口试 <input type="checkbox"/> 作品 <input type="checkbox"/> 口笔试兼用 <input checked="" type="checkbox"/> 上机 <input type="checkbox"/> 技能操作 <input type="checkbox"/> 其他 (请注明) _____ (必填)							

附 软件著作权登记证书

中华人民共和国国家版权局
计算机软件著作权登记证书

证书号： 软著登字第6318632号

软件名称： 能源动力实验室安全虚拟仿真综合实验软件
[简称： 实验室安全事故]
V1.0

著作权人： 上海理工大学

开发完成日期： 2020年09月20日

首次发表日期： 2020年09月30日

权利取得方式： 原始取得

权利范围： 全部权利

登记号： 2020SR1517660

根据《计算机软件保护条例》和《计算机软件著作权登记办法》的规定，经中国版权保护中心审核，对以上事项予以登记。




No. 06626391


2020年10月22日