第二批国家级一流本科课程申报书

（虚拟仿真实验教学课程）

申报批次：☑第三批 □立项培育项目

课程名称：建筑结构抗火虚拟仿真实验

专业类代码：0810

负责人：叶继红

联系电话：13913925046

填表日期：2022.4.4

中华人民共和国教育部制

二〇二一年四月

填报说明

1.专业类代码指《普通高等学校本科专业目录（2020）》中的专业类代码（四位数字）。

2.文中〇为单选；□可多选。

3.团队主要成员一般为近5年内讲授该课程教师。

4.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。

5.具有防伪标识的申报书及申报材料由推荐单位打印留存备查，国家级评审以网络提交的电子版为准。

6.涉密课程或不能公开个人信息的涉密人员不得参与申报。

7.纸质档一式三份，签字盖章后报送实验室与建设管理办公室（行健楼A314）。

1. 基本情况

实验名称	建筑结构抗火虚拟仿真实验	是否曾被推荐	◉是○否
实验所属课程 (可填多个)	土木工程防灾与减灾、结构工程试验		
性质	○独立实验课◉课程实验		
实验对应专业	土木工程		
实验类型	○基础练习型 ○综合设计型 ◉研究探索型 ○其他		
虚拟仿真必要性	☑高危或极端环境 ☑高成本、高消耗 ☑不可逆操作 ☑大型综合训练		
实验语言	◉中文 ○中文+外文字幕（语种） ○外文（语种）		
实验已开设期次	共 5 次： 1. 2019.09-11、300 人 2. 2020.05-07、630 人 3. 2020.09-12、950 人 4. 2021.05-07、1100 人 5. 2021.09-12、1500 人		
有效链接网址	（要求填写标准 URL 格式的实验入口网页，不允许仅为文件下载链接） http://xnfz.cumt.edu.cn/exp/2.html **（本项虚拟仿真实验为 2021 年江苏省首批一流本科课程，并且长期位于江苏省虚拟仿真共享平台热门排行榜第三名，上述网站为省平台网站，平台共有 450 多门虚拟仿真课程。）**		

2. 教学服务团队情况

2-1 团队主要成员（含负责人，总人数限 5 人以内）								
序号	姓名	出生年月	单位	职务	职称	手机号码	电子邮箱	承担任务
1	叶继红	1967.1	中国矿业大学	部长	教授	13770625158	jhye@cumt.edu.cn	规划指导
2	陈伟	1985.1	中国矿业大学	无	副教授	13913925046	chenweiseu@163.	负责
3	张营营	1985.1	中国矿业大学	副院长	教授	18351345825	zhangyingying85@m	在线教学
4	郭震	1978.1	中国矿业大学	副主任	副教授	13952208882	z.guo@cumt.edu.c	在线教学
5	姜健	1984.1	中国矿业大学	系主任	教授	18217565093	jiangjian_0131@1	在线教学
2-2 团队其他成员								

序号	姓名	出生年月	单位	职务	职称	承担任务
1	常虹	1979.2	中国矿业大学	无	副教授	教学服务
2	卢丽敏	1982.7	中国矿业大学	系副主任	副教授	教学服务
3	王勇	1984.11	中国矿业大学	系副主任	副教授	教学服务
4	龙帮云	1971.12	中国矿业大学	无	副教授	系统维护
5	常鸿飞	1982.3	中国矿业大学	无	教授	系统维护
6	杜健民	1975.2	中国矿业大学	无	副教授	系统维护
团队总人数：11 人 其中高校人员数量： 11 人 企业人员数量：0 人						

2-3 团队主要成员教学情况（限 500 字以内）

（近 5 年来承担该实验教学任务情况，以及负责人开展教学研究、学术研究、获得教学奖励的情况）

教学研究情况：

团队主要成员近 5 年承担校、省级教改课题 7 项，其中，与虚拟仿真申报项目密切相关的教改课题如下：

[1] 陈伟、叶继红、姜健、龙帮云. 中国矿业大学教改项目、基于虚拟仿真与 MOOC 的工程结构抗震与防灾课堂教学改革与应用、2020/07-2022/06，在研、主持

[2] 陈伟、叶继红、姜健、龙帮云. 土木学院 2020 年本科国家一流专业建设项目、土木工程防灾与减灾在线课程的虚拟仿真实践教学应用、2020/07-2021/06、1.5 万，结题、主持

[3] 陈伟、叶继红、龙帮云. 中国矿业大学教改项目、土木工程防灾与减灾在线课程建设、2019/05-2019/10、2 万，结题、主持

图 1 与本虚拟仿真课程密切相关的教改课题清单

教学获奖：

团队主要成员在与本虚拟仿真项目密切相关的教学获奖及证明材料如下：

[1] 陈伟，“建筑构件耐火虚拟仿真试验”，第十届江苏省高校土木工程专业青年教师讲课竞赛特等奖、江苏省土木建筑学会，2020.11

[2] 陈伟、叶继红、姜健，“指尖探秘—钢结构承重墙耐火试验”，2020 年江苏省高校微课教学比赛二等奖， 2020.11

图 2 与本虚拟仿真课程相关的教学获奖清单

图 3 与本虚拟仿真课程相关的教学获奖证明材料

发表的教学研究论文：

团队主要成员近 5 年发表（含录用）教改论文（教材）8 篇，其中，与本虚拟仿真申报项目密切相关的如下：

[1] 陈伟、叶继红、张营营、郭震、常虹，建筑结构抗火虚拟仿真实验平台的开发与实践，工业与信息化教育，2021，录用待刊 （见下图证明）
[2] 陈伟、叶继红、张营营、龙帮云、姜健. 融合虚拟技术的建筑结构抗火实验教学平台建设与教学探索，高等建筑教育，2021，录用待刊（见下图证明）
[3] 叶继红、杜咏、徐秀丽、陈伟等. 土木工程防灾. 住建部十三五规划教材，2018

图 4 与本虚拟仿真课程密切相关的教改论文与教材清单

工业和信息化教育杂志社

论文录用通知

由中国矿业大学徐州市工程结构火安全重点实验室陈伟、叶继红；中国矿业大学力学与土木工程学院张营营，郭 震，常 虹撰写的《建筑结构抗火虚拟仿真实验平台的开发与实践》论文，已被《工业和信息化教育》学术月刊（刊号：ISSN 2095—5065 CN10—1101/G4）录用，按出版计划择期刊发。

《工业和信息化教育》编辑部

2020 年 11 月

（a）工业与信息化教育

高等建筑教育 JOURNAL OF ARCHITECTURAL EDUC IN INSTITUTIONS OF HIGHER LEARN

期刊社主页 编辑部首页 编委会 数据库收录 过刊浏览 联系我们

首页 > 优先出版

PDF HTML阅读 XML下载 导出引用 引用提醒

融合虚拟技术的建筑结构抗火实验教学平台建设与教学探索

作者：
陈伟 叶继红 张营营 龙帮云 姜健

作者单位：
中国矿业大学

基金项目：
中国矿业大学教学研究项目（2020YB04）；徐州市科技计划（KC13443）；江苏省自然科学基金面上项目（BK20200214O5）

Teaching innovation and construction of fire resistance experiment teaching platform of building structure based on virtual technology

Author: chen wei Ye Jihong Zhang Yingying Long Bangyun Jiang Jian

Affiliation:
1.China University of Mining &2.Technology

摘要 访问统计 参考文献 文章评论

摘要：
当前，建筑结构抗火实验教学逐渐成为土木工程防灾与减灾课程的一项重要授课内容。然而，国内仅有少数高校拥

（b）高等建筑教育

图 5 与本虚拟仿真课程相关的教学研究论文证明材料

实验教学任务：

项目团队近 5 年一直承担《土木工程防灾与减灾》（线下及线上）、《结构工程试验》（线下）教学任务，上述课程培养计划均包括 2 课时的建筑结构抗火虚拟仿真教学任务。

部分学术研究获奖：

[1] 姜健教授获“江苏省特聘教授”，2021
[2] 叶继红教授获“中国钢结构协会科技进步”特等奖，2020，排名第 2
[3] 叶继红教授获“江苏省科技进步”二等奖，2020，排名第 5
[4] 姜健教授获“江苏省科技进步”二等奖，2020，排名第 5
[5] 叶继红教授，国家杰出青年基金获得者，2012
[6] 叶继红教授，江苏省特聘教授，2012

图 6 学术研究获奖清单

图 7 部分学术研究获奖证明材料

学术研究课题：

本虚拟仿真课程为探索研究类实验，涉及高危极端环境，高成本、高消耗以及不可逆操作等问题，需要科学研究项目及成果提供支撑。近 5 年，团队主要成员承担与本项虚拟仿真项目（即结构抗火）相关的科研项目 9 项，如下：

[1] 叶继红. 国家自然科学基金重点项目，多层轻钢龙骨式复合剪力墙结构体系创新、基础理论与设计方法研究，2016/01-2020/12，结题

[2] 陈伟. 江苏省自然科学基金面上项目、轻钢龙骨复合墙体真实火灾全过程解析与等效爆火研究、2020.07-2023.06，在研

[3] 陈伟. 中国矿业大学重大项目培育专项、大尺度隧道结构火灾安全综合试验系统、2020.06-2024.05，在研

[4] 陈伟. 徐州市重点研发计划、装配式轻钢—混凝土板组合结构体系抗火关键技术应用研究、2020.08-2022.07，在研

[5] 陈伟. 国家自然科学基金（青年）项目、火灾诱发多层轻钢复合墙体结构失效理论及倒塌仿真研究、2016/01-2018/12，结题

[6] 陈伟. 江苏省自然科学基金（青年）项目、标准及震后火灾下新型轻钢复合墙体力学性能及失效机理研究、2015/07-2018/06，结题

[7] 陈伟. 建筑消防工程技术公安部重点实验室重点项目、新型装配式轻钢结构受火连续倒塌仿真技术研究、2016/01-2018/12，结题

[8] 姜健. 国家自然科学基金（面上）项目，考虑火灾蔓延和降温影响的高层钢框架结构连续倒塌机理与设计理论研究，2021.1-2024.12，在研

[9] 姜健. 国家自然科学基金（青年）项目，火灾下高层建筑钢框架结构连续性倒塌的模式与设计方法研究，2015.1-2017.12，在研

图 8 与本虚拟仿真课程相关的科研项目支撑清单

学术研究论文：

团队主要成员近 5 年发表与虚拟仿真项目（即结构抗火）密切相关的学术论文 80 多篇，限于篇幅，列举 5 篇代表性成果如下：

[1] **Wei Chen**, Jihong Ye, Yukui Tong, Yu Bai, Jian Jiang, Kun Liu, Wenwen Chen, Liang Yin, Influence of board joint configurations on the fire performance of cold-formed steel walls, ***Journal of Constructional Steel Research***, 2021, 179，106553 (SCI 收录，JCR 一区)

[2] **Wei Chen***, Kun Liu, Jihong Ye, Jian Jiang, Changzheng Xu, Lei Jin, Meng Zhang, High-temperature steady-state experiments on G550 cold-formed steel during heating and cooling stages, ***Thin-Walled Structures***, 2020, 151, 106760 (SCI 收录，JCR 一区)

[3] **Wei Chen***, Jihong Ye, Lei Jin, Jian Jiang, Kun Liu, Meng Zhang, Wenwen Chen, Hua Zhang, High-temperature material degradation of Q345 cold-formed steel during the full-range compartment fires, ***Journal of Constructional Steel Research***, 2020，175, 106366 (SCI 收录，JCR 一区)

[4] **Wei Chen***, Jihong Ye, Qingyang Zhao, Jian Jiang, Kun Liu, Meng Zhang, Changzheng Xu, Mid-scale and full-scale experiments of cavity-insulated gypsum and calcium-silicate sheathed CFS walls under different fire exposures, ***Thin-Walled Structures***, 2020，155, 106928 (SCI 收录，JCR 一区)

[5] **Wei Chen***, Jihong Ye, Qiang Wang, Jian Jiang, Yafei Qin, Postearthquake fire performance of cavity-insulated CFS shear walls with gypsum and calcium-silicate sheathing, ***Thin-Walled Structures***, 2020, 148, 106597 (SCI 收录, JCR 一区)

图 9 与本虚拟仿真课程相关的代表性学术论文清单

发明专利：

团队主要成员近 5 年授权与虚拟仿真项目（即结构抗火）密切相关的发明专利 20 余项，限于篇幅，列举 5 项代表性专利如下：

[1] 陈伟，叶继红，姜健，李瑞.一种隧道结构多维空间加载火灾试验系统及其实施方法.2022.02, 中国发明专利，ZL202110211756.0, 授权（**成功转化并获批 2021 年国家重大科研仪器研制项目，直接经费 938 万元**）

[2] 陈伟，李瑞，叶继红，姜健，刘康，刘琨.一种耐火耐高温便携式 360 度全景探测装置.2022.03, 中国发明专利，ZL202110211761.1, 授权（**发明专利试制并试验应用成功，拟申报列入国家消防救援局成果推广目录**）

[3] **Wei Chen**, Jihong Ye, Qiang Wang, Qingyang Zhao. Multi-functional support capable of transferring horizontal and multi-point local vertical load and implementation method. 美国发明专利，2021.4，US10989638B2，授权（**发明专利已成功研制，并应用于抗火试验技术服务**）

[4] 陈伟，李瑞，叶继红，姜健. 一种移动式高温耦合环境组合升降炉系统. 2021.05, 中国发明专利，ZL202110517173.0, 授权（**发明专利成功转化并签订合同，将建成国内首套整体结构火灾试验装置，设备固定资产 336 万元**）

[5] 陈伟, 仝玉奎, 叶继红, 姜健, 赵庆阳, 王强, 刘琨, 金磊. 火灾实验用可移动式空间自平衡反力架系统及其使用方法. 2020.06, 中国发明专利, ZL201910654060.8, 授权（**发明专利成功建成“多用途建筑结构抗火试验系统”并应用于抗火试验技术服务**）

图 10 与本虚拟仿真课程相关的代表性发明专利清单

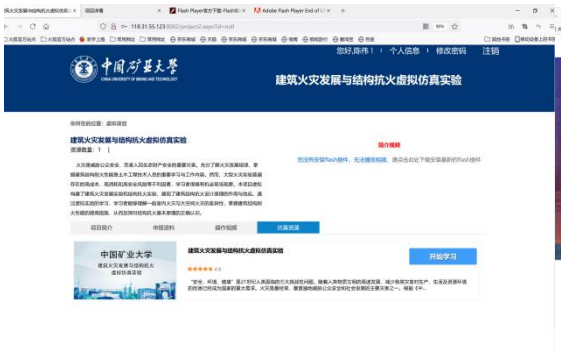
注：必要的技术支持人员可作为团队主要成员；“承担任务”中除填写任务分工内容外，请说明属于在线教学服务人员还是技术支持人员。

3. 实验描述

3-1 实验简介（实验的必要性及实用性，教学设计的合理性，实验系统的先进性）

火灾是威胁公众安全、危害人民生命财产安全的重要灾害。充分了解火灾发展规律,掌握建筑结构耐火性能是土木工程技术人员的重要学习与工作内容。然而，大型火灾实验普遍存在的高成本、高消耗和高安全风险等不利因素，学习者很难有机会现场观摩。

中国矿业大学建筑结构抗火虚拟仿真实验，依托土建类人才国家级工程实践教育中心、江苏省城市地下空间火灾防护重点实验室等省部级以上的重要教学科研平台，服务于《土木工程防灾与减灾》等专业课程实践教学，解决了实体火灾实验普遍存在的高成本、高消耗、高安全风险的不利问题，体现了从火灾温度场到结构抗火的连贯性教学内容。建筑结构抗火虚拟仿真实验于 2019 年（见图 11（a））建设完成，并分别于 2020 年（见图 11（b））和 2021 年（见图 11（c），应二级等保要求，牵至学校统一平台）两次更新，服务学生数千人次，取得了良好的使用效果。



（a）平台于 2019 年建成时版面

（b）平台于 2020 年更新后版面

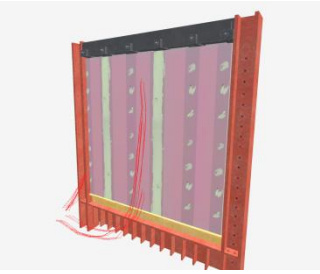
（c）平台于 2021 年应二级等保要求再次迁移与更新

图 11 中国矿业大学建筑结构抗火虚拟仿真实验平台

学习者可利用教学平台中的虚拟教具（图 12）、虚拟微试验课程（图 13）以及《土木工程防灾与减灾》MOOC 等预习资源进行知识点预学习。在结构抗火虚拟仿真实验中，可实现双人协同操作（图 14），还可以通过手机端下载虚拟仿真系统（图 14）进行学习。学习者通过虚拟实操，再现了典型混凝土构件及钢结构构件的抗火实验全过程，真实呈现了构件制作与装配过程、实验参数设置、以及实验过程中的水渍产生、裂缝发展、防火板脱落等重要现象。通过实验的学习，

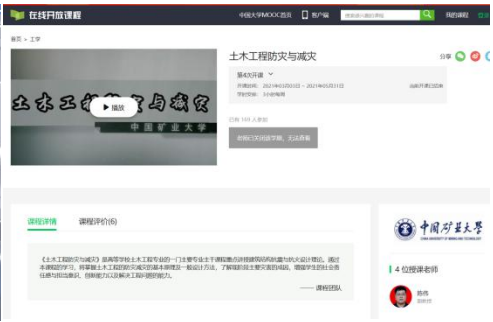
学习者能够理解一般室内火灾与大空间火灾的差异性，掌握如何通过改变截面尺寸以及保护层厚度的方式提高混凝土构件的耐火性能，如果通过改变防火构造提高钢结构构件的耐火性能，从而加深对结构抗火基本原理的正确认识。

（a）手机端 AR 互动虚拟仿真教具　　（b）虚拟教具二维码下载



（c）虚拟教具——试验设备　　（c）虚拟教具——实验模型

图 12 虚拟仿真教具预习资源



（a）多节虚拟仿真微试验教学资源　　（b）土木工程防灾与减灾 MOOC 资源

图 13 虚拟仿真教学与 MOOC 预习资源

虚拟仿真实验（多人协同操作）　　手机端 APP 程序学习模式

图 14 虚拟仿真多人协同操作与手机端学习

实验系统建设的必要性及实用性——

“土木工程防灾与减灾”是土木工程专业的主干课程，重点讲授土木工程防灾与减灾设计理论。在各类灾害中，火灾发生最为频繁，并极具毁灭性。与自然灾害相比，火灾损失仅次于水灾和旱灾，约为地震灾害损失的 5 倍。据《中国消防年鉴》统计，在 2013 年至 2017 年，我国共发生火灾事故 181 万起，死亡 9502 人，直接财产损失超过 220 亿人民币。在各类火灾中，建筑火灾发生次数最多，损失也最大，约占全部火灾的 80%。因此，建筑火灾已成为威胁公众安全、危害人民生命财产安全的重要灾害。开展建结构抗火实验不仅是建筑结构抗火设计与研究的一项重要手段，而且有利于加强学生对于结构抗火基本原理的理解，因此，结构抗火实验实践教学已成为“土木工程防灾与减灾”课程的重要授课内容。土木工程专业学生也有责任有义务掌握土木工程防灾与减灾技术，增强自身社会责任感与担当意识，切实减轻土木工程灾害损失，保障人民生命财产安全。

当前，全国开设土木工程专业的高校多达 500 所，但超过 95%的高校尚无法开展结构抗火实验，并且大型火灾实验普遍存在的高成本、高消耗和高安全风险等不利因素，因此，本科生很难有机会进行火灾实验现场观摩。这显然不利于学生对于结构抗火设计理论的准确理解，以及创新能力与综合素质的提高，明显制约了我国工程结构防灾减灾技术人员的培养。

虚拟仿真实验教学技术作为高等教育系统性变革的内生变量，为上述问题提供了理想的解决方案，已成为提升我国土木工程专业教育质量，助推高等教育教学变轨超车的重要手段。鉴于此，中国矿业大学依托土建类人才国家级工程实践教育中心、江苏城市地下空间火灾防护重点实验室以及工程结构火安全重点实验室等教学与科研平台，建设了本项建筑火灾发展与结构抗火虚拟仿真实验，并已取得良好应用效果。

教学设计合理性——

①设立“虚拟仿真微试验”视频讲解示范以及“虚拟教具”线上预习资源。建筑结构抗火实验的专业性强、知识点多，为了能够使学习者能够快速熟悉虚拟仿真实验环境，除已有“教学引导视频”之外，设立两节虚拟仿真微试验教学课程，分别为学习者讲解“建筑构件耐火试验方法”和“承重墙耐火虚拟仿真实验”，同时提供二维码下载“试验模型”和“试验设备”的相关教具，提高学生的预习与自学能力。

②连贯而系统的知识点理论学习。项目包括建筑火灾发展实验和结构抗火实验两部分组成，展现了建筑结构抗火设计原理的作用与效应，体现了从火灾温度场到结构抗火的连贯性知识结构。实验准备前，学生应登陆虚拟仿真系统，并结合参考资料，预习实验背景与理论知识。

③设立“自主式学习模式”应用于课堂实践教学与课程自学。强调学习自主化，学习者可以根据语音提示以及步骤引导，能够自主完成本虚拟实验内容。重视火灾实验现象的准确还原，培养学生的观察分析能力。结合理论学习，加深学生对

于建筑火灾温度场以及结构抗火设计原理的认识。

④设立“规范化练习模式”，应用于课后实践活动。通过实验模型的参数化设置与模型制作过程，使学生将建筑结构抗火设计与专业前序课程（例如混凝土结构设计基本原理、钢结构设计基本原理等）实现有效串联。此模式注重实验操作步骤的准备还原，并通过序号进行操作引导，强调操作流程的规范性和重要性，如果实验操作未按正确流程则无法完成实验。

⑤设立“命题式考核模式”，注重创新能力培养。命题随机出现，学生有自由发挥空间，鼓励学生反复实验，直至达到满意答案，体现科学研究与探索的严谨性，提高学生解决实际问题的能力。

⑥线上与线下教学双轨并行，电脑网页版和手机 APP 版双终端共同支持。学生可随时参与互动，鼓励大胆尝试，并通过团队协作，结合大学生创新训练计划项目和实验室的实体试验，加强动手能力和实践学习，做到游戏与学习相结合。

⑦过程与结果并重的考核评价体系。课程理论学习部分设置答题形式的知识点考核，操作过程部分设置操作步骤考核，实验报告部分需要结合试验图片完成现象描述记录，并要求学习者根据实验曲线自主判定与输入实验结果。“预习，学习，练习，考核”四位于一体，达到培养学生实践与创新能力的目的。

⑧项目注重持续改进和社会效应，实验信息与课后评价实时反馈。促进教学团队有的放矢地开展教学研究，不断提升教学学术能力。实验深入浅出、通俗易懂、互动性强，可以作为社会公众的安全知识科普教育的重要部分。

实验系统的先进性——

①建设内容稀缺并已拥有完全自有知识产权。虚拟仿真是一种新的教育生产力，是推进“智能+教育”的创新性手段；而建筑结构抗火虚拟仿真实验是我国土建类学科领域虚拟仿真实验教学项目建设指导框架（指南）的基本组成单元；当前，已建成的土木工程虚拟仿真实验中，尚无认定的建筑火灾灾害以及结构抗火相关的国家级、省级虚拟仿真实验项目。本项目已取得相应软件著作权，并有望填补该项空白。

②克服了火灾实验的资源有限且仿真难度大等技术问题，体现了课程的教育教学核心要素，达到了两性一度的实验实践教学要求。不同于土木工程抗震、抗风实验，火灾实验一般处于 1000 度以上的高温环境，而火灾实验监测技术直至近两年方在美国 NIST 以及国内重点企业中取得突破。因此，火灾实验抽象现象的生动还原是火灾虚拟仿真实验的难点与痛点。中国矿业大学火灾科研平台拥有先进的监测技术，将最新科研成果（例如防火板开裂与脱落判定、混凝土及钢结构抗火性能提高措施等）作为项目的底层数据支撑，通过“虚拟展现现实”再现了建筑结构抗火的科学问题，通过“形象展现抽象”克服了课程大纲中的教学难点，体现了课程教育教学核心要素。

③电脑网页版和手机版双终端共同支持，支持两人协同完成实验，制定针对性教学培养方案，实现碎片化、泛在化学习，使学生体验创新的快乐和自信，激发创新欲望。项目以“虚”来加强理论知识与实际操作的联系，以“实”来提高学生解决实际问题的能力，同时兼备安全教育与理论知识，学生有自由发挥的空间，

做到了趣味性与严谨性相结合，游戏与学习相结合。建立“知识与经验相融合”的人才培养方案，从而达到培养和提高学生综合能力的目的。

3-2 实验教学目标（实验后应该达到的知识、能力水平）

中国矿业大学力学与土木工程学院开发的“建筑结构抗火虚拟仿真实验”，直接服务于《土木工程防灾与减灾》的专业课程实践教学。结合虚拟仿真技术，达到以下教学目的：

（1）了解建筑火灾发展实验和结构抗火实验的主要设备及其功能；

（2）了解建筑火灾从引燃、发展、蔓延到衰减的全过程，加深对于一般室内火灾与大空间火灾的差异性的理解与认识；

（3）了解结构抗火试验方法；掌握建筑耐火等级与结构耐火极限要求，掌握结构构件耐火极限判定准则；了解典型混凝土结构与钢结构构件的受火破坏现象与特征；掌握混凝土结构及钢结构构件的抗火性能提升措施。

通过上述过程实验教学过程，学习掌握了课程知识点；通过实验探索过程，培养学生解决复杂问题的综合协作能力和高级思维，并且弘扬了社会主义核心价值观，促使学生自觉建立起对社会的一份责任感与担当意识。

3-3 实验课时

（1）实验所属课程课时：40 学时

（2）该实验所占课时： 2 学时

3-4 实验原理

（1）实验原理(限 1000 字以内)

本项目结构抗火实验包括钢筋混凝土板、混凝土梁以及钢结构承重墙抗火实验，其实验原理为：根据本科课程《混凝土结构设计基本原理》和《钢结构设计基本原理》，确定实验用的混凝土和钢结构试件的参数规格；根据国家规范 GB/T9978 建筑构件耐火试验方法的规定，利用大型水平炉抗火实验系统进行混凝土板和梁抗火实验，利用大型垂直炉抗火实验系统进行钢结构承重墙抗火实验，获取混凝土及钢结构构件的受火破坏现象与特征，确定混凝土及钢结构实验构件的耐火极限。

知识点：共 8 个

（1）建筑火灾发展的一般过程，涉及火灾初期增长阶段、全盛阶段及衰退阶段的判定与介绍等；

（2）一般室内火灾与大空间火灾温度场：建筑火灾现象与火灾空间的大小密切相关，一般建筑室内火灾的“室”是指相当于建筑物内的普通房间大小的受限空间，体积大小的数量级是 100m^3；大空间一般指高度不小于 6m，面积不小 500m^2 空间，

两种类型空间的温度场存在极大的差异；该部分知识点涉及二者温度场的特点（例如温度场沿高度的变化，最高温度）等；

（3）ISO834 标准火灾温升曲线：为了评定一般建筑构件的耐火性能，国内外规范普遍采用 ISO834 标准火灾温升曲线来规定火灾环境；该部分知识点涉及标准温升曲线的表达式及曲线特征；

（4）建筑构件耐火极限判定准则：包括隔热性、完整性及承载性能判定，该部分知识点涉及具体的判定公式及其适用准则；

（5）建筑构件耐火试验方法：该部分知识点依据国家规范 GBT9978 建筑构件耐火试验方法；

（6）建筑耐火等级及结构耐火极限要求：该部分知识点依据国家规范 GB50016 建筑设计防火规范；

（7）典型混凝土结构与钢结构构件的受火破坏现象与特征：该部分知识点涉及混凝土开裂、烟气释放、裂缝扩展、水渍产生、防火板裂缝扩展、防火板脱落、钢结构受火屈曲等破坏现象与特征；

（8）混凝土及钢结构构件的抗火性能提升措施：该部分知识点涉及混凝土结构如何通过改变截面尺寸以及保护层厚度等方法提高其耐火性能，而钢结构构件如何通过改变防火构造提高耐火性能。

（2）核心要素仿真设计（对系统或对象的仿真模型体现的客观结构、功能及其运动规律的实验场景进行如实描述，限 500 字以内）

本项目对于核心要素的仿真度：达到 95%以上，见本申报书第 3-6 节配图。

①项目没有采用传统的图文表现形式，而是通过“虚拟仿真微试验”视频讲解示范使学习者通过线上预习形式，高度凝练并还原真实实验的教学要求、实验原理、知识点和知识体系。

②项目不仅设置了实验室漫游功能，而且提供了虚拟教具（手机端扫描二维码）下载功能，真实还原了试验对象以及试验设备的主要组成以及各部分功能。

③项目将实验模型的制作与装配过程、实验操作过程以及主要现象通过数学建模呈现在虚拟仿真系统中。学生亲自虚拟动手操作完成实验模型以及试验设备的准备工作，根据不同的实验条件和参数，通过虚拟仿真推演呈现出各种理论实验过程，特别是真实呈现了实验模型受火烟气释放、水渍产生、开裂、防火板脱落、钢结构构件屈曲等重要的结构抗火实验现象。学习者还可以通过反复虚拟实验和论证，帮助验证并探索课程理论知识。

3-5 实验教学过程与实验方法

本项目采用虚实结合的实验教学过程，通过线下课堂和线上微试验和 MOOC 资源的理论学习，掌握基本实验理论和知识点；通过手机端虚拟教具进行实验设备线上学习，并结合参观本校的城市地下空间火灾防护重点实验室以及工程结构

火安全重点实验室加深理解；通过本虚拟仿真实验在网页端的“学习模式”，进行虚拟仿真实验线上学习与练习，结合手机端的 APP 程序进行线下学习与练习；通过命题式考核以及知识点考核，完成该课程的实验教学考核。校内学生通过身份认证即可登录进行虚拟仿真实验，校外用户需首先进行注册，注册成功后可登录进行虚拟仿真实验。

本项目在虚拟仿真过程中涉及的实验方法主要包括：

观察法——通过改变实验模型参数，可以达成不同的实验目标；

比较法——将前期实验结果作为实验组，将新的实验结果作为对照组比较；

类比法——通过对前期实验结果和参数影响规律的掌握，形成实验结果预测；

控制变量法——通过对实验变量进行控制，发现实验结果规律；

模型法——通过逼真的实验模型的实验全过程还原，掌握实验结果与规律；

逆向思维法——通过反向思维，达成实验过程中的命题要求。

3-6 步骤要求（不少于 10 步的学生交互性操作步骤。操作步骤应反映实质性实验交互，系统加载之类的步骤不计入在内）

（1）学生交互性操作步骤，共 18 步，以承重墙体耐火试验为例：

步骤序号	步骤目标要求	步骤合理用时	目标达成度赋分模型	步骤满分	成绩类型
1	工装穿戴	2 分钟	不得分或满分	5	☑操作成绩 ☑实验报告 ☑预习成绩 ☑教师评价报告
2	参数选择	3 分钟	不得分或满分	5	
3	钢骨架拼装	4 分钟	不得分或满分	5	
4	螺钉定位	2 分钟	不得分或满分	5	
5	钢骨架吊装	4 分钟	不得分或满分	10	
6	螺栓定位	2 分钟	不得分或满分	5	
7	受火侧墙板安装	4 分钟	不得分或满分	5	
8	填充层安装	2 分钟	不得分或满分	5	
9	受火侧热电偶线安装	1 分钟	不得分或满分	5	
10	背火侧墙板安装	4 分钟	不得分或满分	5	
11	受火侧热电偶线安装	1 分钟	不得分或满分	5	
12	炉体移动	2 分钟	不得分或满分	5	
13	传感器连接	2 分钟	不得分或满分	5	

14	进入控制室	3 分钟	不得分或满分	5	
15	设备操作	4 分钟	不得分或满分	5	
16	试验现象观察记录	5 分钟	不得分或满分	5	
17	试验结果分析	5 分钟	不得分或满分	5	
18	试验报告填写	5 分钟	不得分或满分	10	

（2）交互性步骤详细说明

结构抗火实验展现了结构构件在火灾环境下的作用效应，包含钢结构承重墙抗火实验、钢筋混凝土楼板抗火实验以及混凝土梁抗火实验。上述三项实验的交互性操作步骤类似，以钢结构承重墙抗火实验为例，包含“学习模式”、和“考核模式”。以学习模式为例，交互性操作步骤如下：

①学生进入实验大厅前，需在“更衣室”，完成“实验工装（防护服、安全帽、护目镜、口罩、手套、安全鞋）”的穿戴。

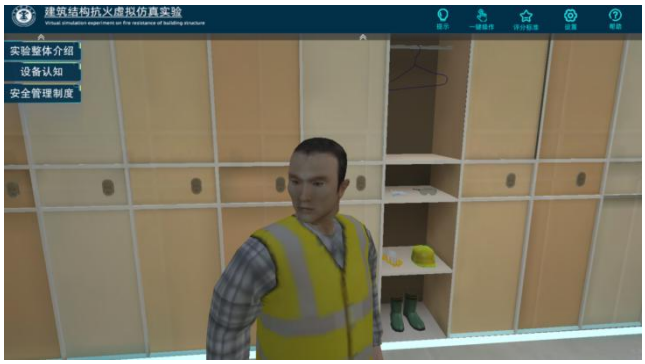


图 15 实验工装穿戴

②进入“实验大厅”，点击左上角“我要做实验”，选择实验类型“墙体抗火试验”，阅读相关试验信息。

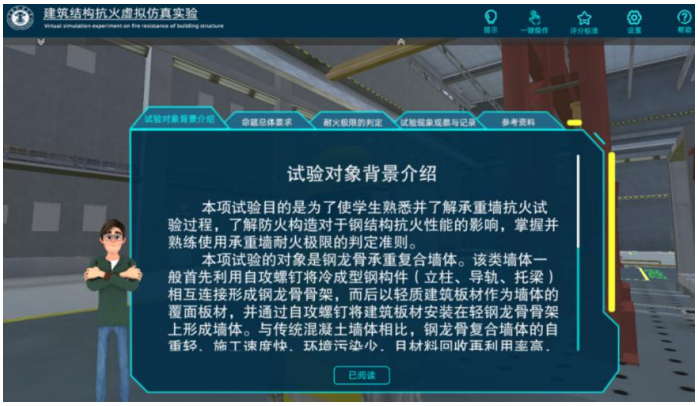


图 16 实验信息阅读

选择“学习模式”，进行实验参数设置。

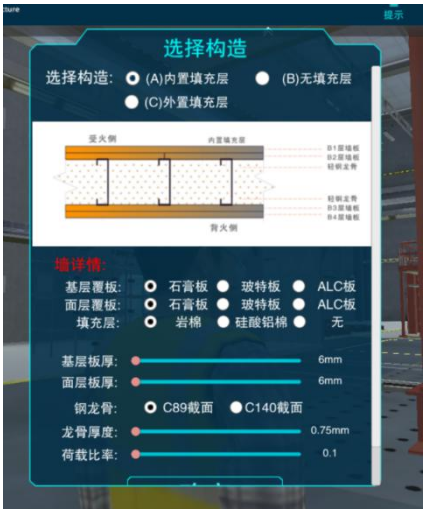


图 17 实验参数设置

③进入“构件制作区域”，根据提示，亲自虚拟动手完成构件的制作和装配。

图 18 进入到构件制作区域

在地面完成“墙体的钢龙骨骨架”拼装定位。

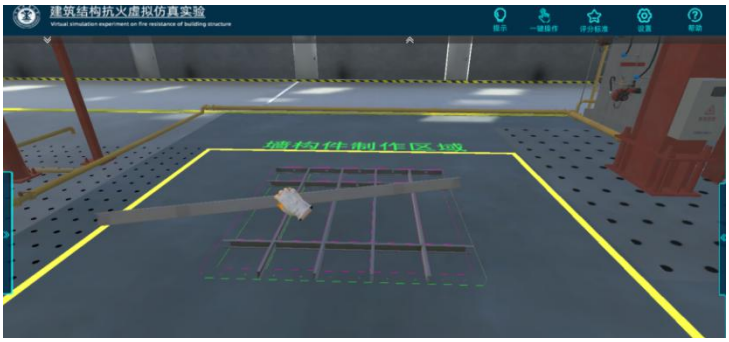


图 19 墙体的钢骨架地面拼装定位

④ 完成钢龙骨连接处，自攻螺钉的位置绘制，随后进行自攻螺钉的安装施工。

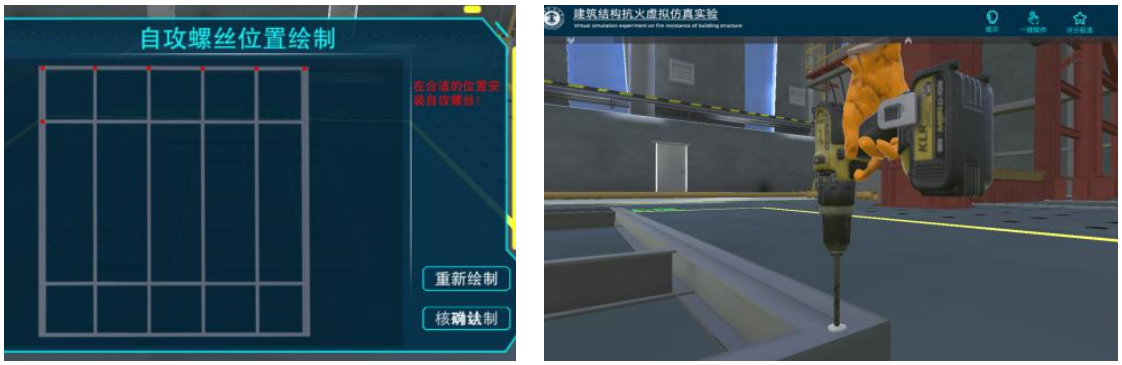


图 20 自攻螺钉位置绘制与安装

⑤ 通过控制手柄，操作行车将钢骨架起吊，并吊装至墙体支架处。

图 21 钢骨架吊装与安装

⑥ 通过螺栓将钢骨架与墙体支架相互连接，并在钢龙骨处安装热电偶线，用于监测钢龙骨受火时的温度。

图 22 螺栓定位与连接

图 23 钢龙骨处热电偶线安装

⑦ 进行受火侧内层墙板安装，墙板均通过自攻螺钉与钢骨架连接在一起。

图 24 受火侧内层墙板定位

图 25 受火侧外层墙板定位

图 26 受火侧墙板与钢龙骨之间通过自攻螺钉连接

⑧ 模型的填充层定位与安装。

图 27 填充层定位与安装

⑨ 受火侧墙板安装热电偶线，用于监测模型受火侧温度。

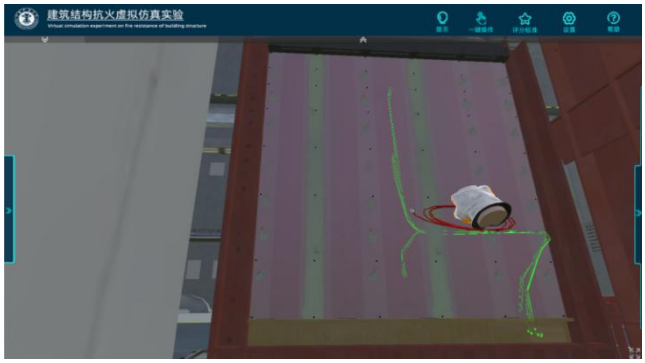


图 28 受火侧内部热电偶线安装

⑩ 背火层墙板的定位与安装

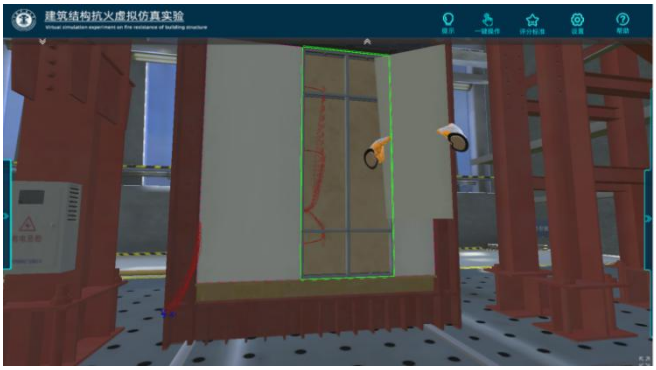


图 29 背火侧内层墙板定位

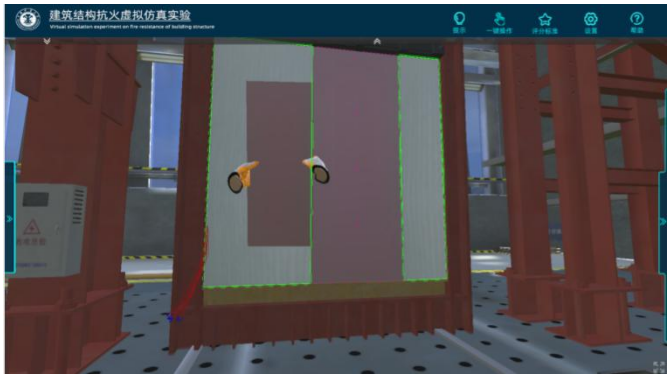


图 30 背火侧外层墙板定位与安装

⑪ 背火侧安装热电偶线，用于监测模型受火侧温度。

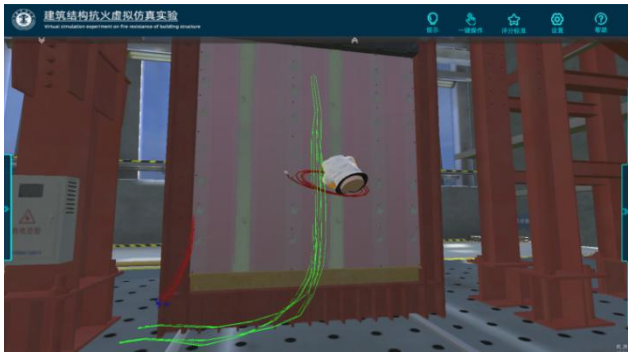


图 31 背火侧热电偶线安装

⑿ 通过控制手柄，操作炉体与墙体受火侧紧密贴合。

图 32 垂直实验火炉的移动控制

⒀ 放置实验脚手架，安装位移传感器，将传感器与采集仪器相互连接。

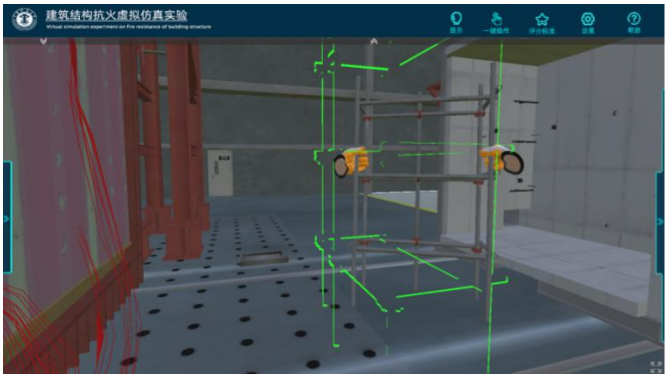


图 33 实验用脚手架放置就位

图 34 在脚手架上安装位移计

图 35 传感器与采集设计连接

⒁根据地面引导提示，进入实验控制室。

图 36 根据提示进入控制室

⑮完成加载设备设置，完成火灾试验炉操作设置。

图 37 完成加载设备设置

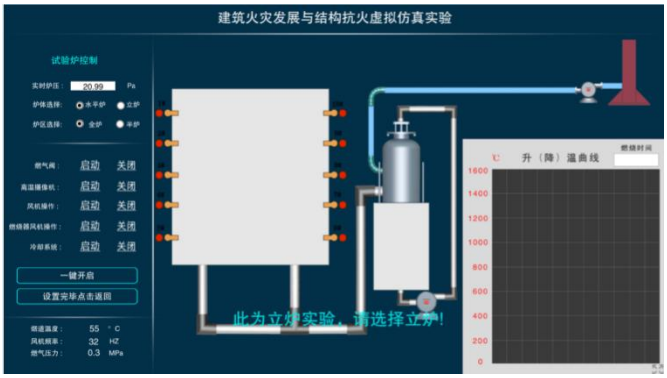


图 38 完成试验炉操作设置

⑯ 点击“开始实验”，炉体点火，正式开启实验。实验过程中，可移动摄像机镜头，可切换炉内及炉外视角，将实时显示模型变形曲线及温度曲线；注意观察模型受火面烟气释放，受火侧墙板开裂，受火侧墙板脱落等现象。

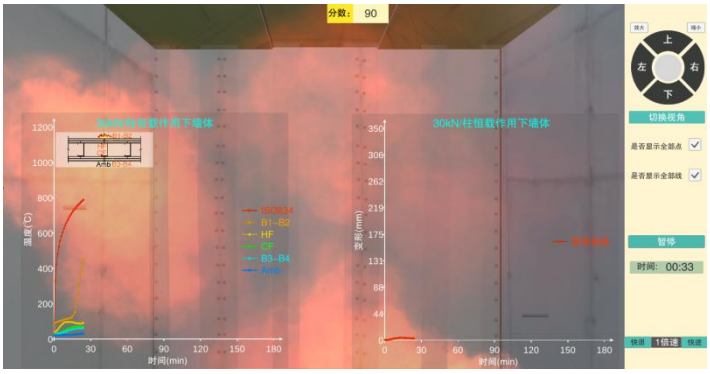


图 39 实验过程中温度及变形曲线实时显示

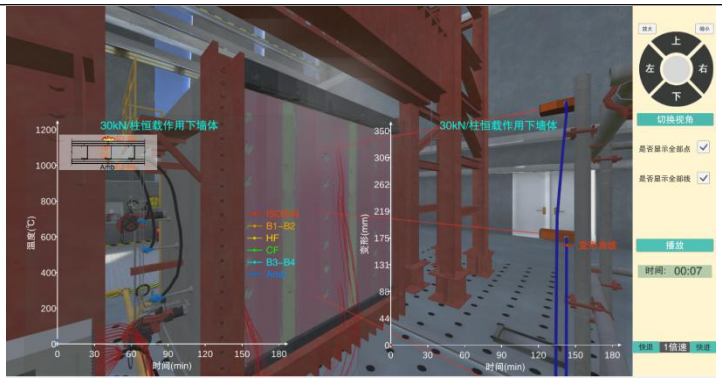


图 40 实验过程中背火面烟气释放

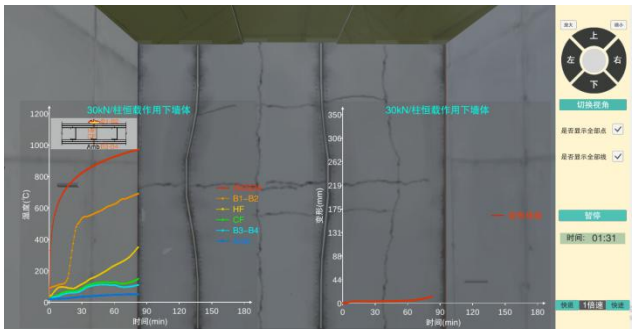


图 41 实验过程中受火侧墙板开裂

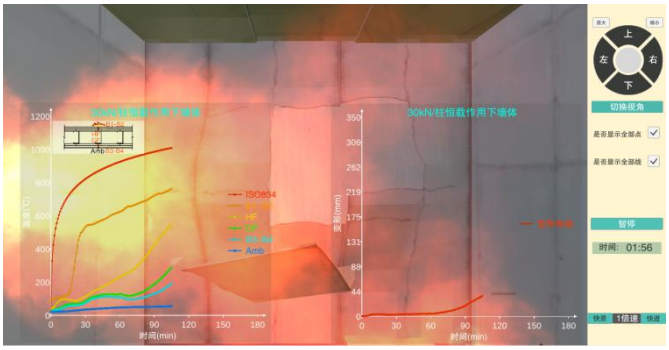


图 42 实验过程中受火侧墙板脱落

当模型变形过大或温度过高时，会提示停止试验，点击“确认停止试验”后，实验停止；实验结束后点击“拆除”按键，可观察钢结构构件的受火屈曲模态；根据实验结果曲线，判定试件耐火极限是否满足命题要求，若未满足，则可点击“重新开始”按键，重新选择试件进行实验；否则，点击“返回”。

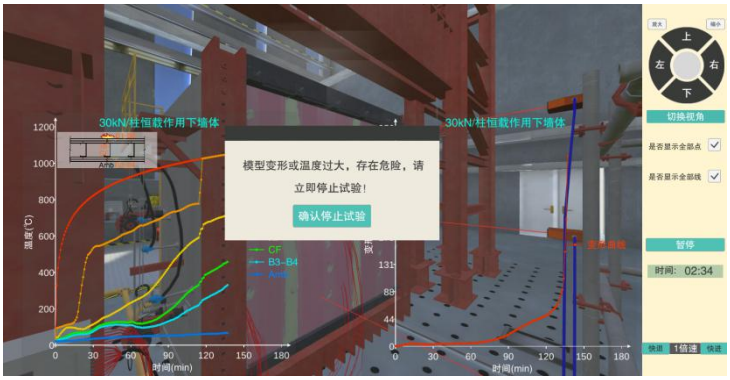


图 43 实验停止前提示

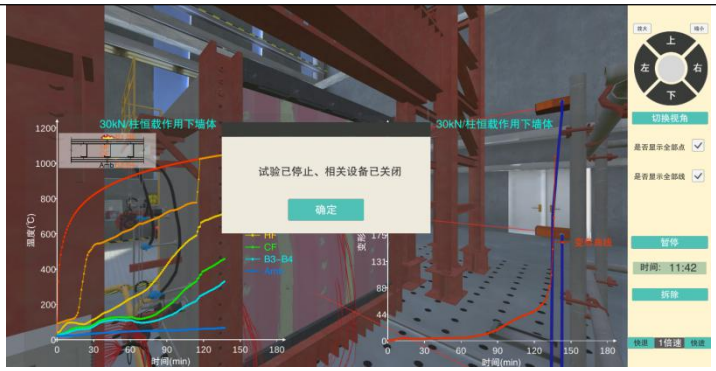


图 44 确认停止试验

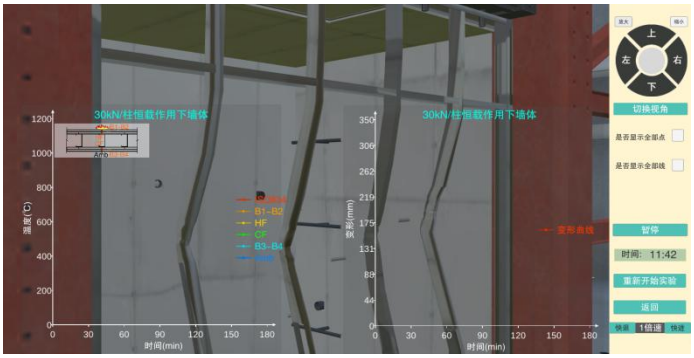


图 45 钢龙骨受火屈曲

⑰ 点击“实验结果分析”，分析实验图像与结果曲线

图 46 实验结果分析

⑱ 点击“实验报告”，进入实验报告填写界面，完成知识点考核题目，填写实验记录，分析结果，提交报告，完成实验考核。

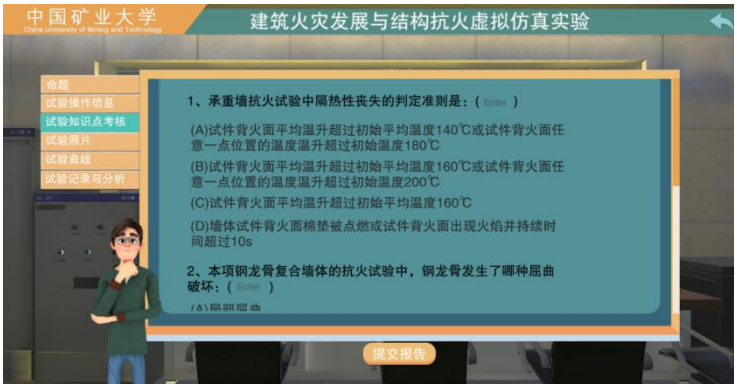


图 47 实验报告填写

3-7 实验结果与结论（说明在不同的实验条件和操作下可能产生的实验结果与结论）

实验过程有记录考核，实验完成后将输出实验报告。操作过程具有操作考核，未按正确流程操作，扣除该操作步骤分 5 分或 10 分；实验报告中，以答题形式（选择题、填空题）完成知识点考核；实验结果曲线与图像需进行文字信息输入；实验现象需输入文字记录，并应输入正确的实验结果（例如：实验模型的耐火极限需自行根据结果曲线判定并输入）。

仍然以承重墙体抗火虚拟仿真实验为例，实验结果可呈现高温承载力破坏、隔热性破坏、完整性破坏共三类破坏形式。同时，根据命题考核要求，当参数选择过于不利（例如：防火保护厚度偏小）时，将不能满足命题中耐火时间的要求；当参数选择过于保守时（例如：防火保护厚度偏小），则最终虽能满足命题耐火时间要求，却造价偏高，并不经济。合理的参数选择，则在 GB51249 建筑钢结构防火设计规范中有相应的设计公式。该部分内容则在两节虚拟仿真实验视频讲解示范中（见下图）有介绍，需要学习者通过预习方式提前学习。

图 48 预习资源中（虚拟仿真实验教学视频）关于三类实验破坏形式讲解

图 49 两节虚拟仿真实验线上视频讲解示范

3-8 面向学生要求

（1）专业与年级要求

① 土木工程专业本科三年级学生、土木工程专业研究生，作为专业学习的必要实践环节；

② 建筑类、安全工程、消防工程等工科专业本科学生的通识实验教学，作为知识拓展的补充手段；

③ 非工科专业的学生，可初步了解建筑火灾的发展过程，普及结构抗火基础知识。

（2）基本知识和能力要求

进行本项目实验学习的学生，应掌握土木工程的基础知识，选修了《土木工程概论》课程，原则上还应学习了《结构力学》、《混凝土结构设计基本原理》、《钢结构设计基本原理》等专业课程，对结构设计以及防灾减灾有基本性了解。

3-9 实验应用及共享情况

（1）本校上线时间 ：2019 年 8 月 30 日 （上传系统日志）

（2）已服务过的学生人数：本校 1200 人，外校 1400 人

（3）附所属课程教学计划或授课提纲并填写：

纳入教学计划的专业数： 1 ，具体专业：土木工程 ，

教学周期：4 ，学习人数： 1200

（4）是否面向社会提供服务：◉是 ○否

（5）社会开放时间：2019 年 8 月 30 日

（6）已服务过的社会学习者人数：3000 人

4. 实验教学特色

（该虚拟仿真实验教学课程的实验设计、教学方法、评价体系等方面的特色，限 800 字以内）

（1）教学方法创新：

①充实完善教学培养方案，推进实验实践教学改革。明确提出虚实结合的实

验教学大纲，探索虚实结合的施教方案，实现实践教学与理论教学的高度融合。

②“预习，学习，练习，考核”四位于一体。通过“视频讲解视频”和“虚拟教具”开展自主预习，鼓励学生全方位、全过程参与并探索实验。将学生原来只能参与部分环节的实验教学内容扩展到全方位与全过程，，将原来的“验证型实验”拓展为“综合设计型实验”和“创新型实验”。

③融入工程技术和科学研究最新成果，以通俗易懂方式进行教学实现。开展“科研试验进课堂，趣味游戏进教学”等教学改革尝试，建设和丰富虚拟资源。

④电脑网页版和手机版双终端共同支持，鼓励学生自由开展课后实践活动。

⑤践行“课程思政”育人理念，突出增强学生的社会责任感与担当意识。将安全教育融入学习的全过程，让学生身临其境地去理解工程火安全，以及火灾对社会、对人民造成的巨大伤害，促使学生自觉建立起对社会的一份责任感与担当意识。

（2）评价体系创新：

对于学生，强调“过程与结果并重”。改革实践环节评分考核模式，注重对学生利用仿真平台进行自主实验以及互动交流过程，鼓励学生反复试验并且大胆尝试，以牢固掌握知识、激发创新欲望作为第一目标。

对于教学团队，以培养立德树人的德智体美劳全面发展的人才为宗旨，牢固树立学生反馈即为学生需求的教学理念，注重持续改进。

（3）对传统教学的延伸与拓展：

虚拟仿真实验基于“基础-综合-创新应用”的递进关系，将课程及专业知识结构划分为三大层级，逐级提高。在满足教学大纲任务的前提下，加入了探索性实验，做到“基础模块全员化、综合模块菜单化、创新模块自主化”，做到趣味性与严谨性相结合，促使学生个性化发展，增加学生的主观能动性。平台使理论教学、实验实践教学及科研创新有机结合起来，使虚拟仿真教学成为新型实践教学方式下的重要手段。

5. 实验教学在线支持与服务

（1）教学指导资源：☐教学指导书 ☑教学视频 ☐电子教材 ☑课程教案

（申报系统上传）☑课件（演示文稿）☑其他

（2）实验指导资源：☑实验指导书 ☑操作视频 ☑知识点课件库 ☑习题库

（申报系统上传）☐测试卷 ☐考试系统☑其他

（3）在线教学支持方式：☑热线电话 ☐实验系统即时通讯工具 ☐论坛

☑支持与服务群 ☐其他

（4）2 名提供在线教学服务的团队成员； 2 名提供在线技术支持的技术人员；教学团队保证工作日期间提供 10 小时/日的在线服务

6. 实验教学相关网络及安全要求描述

6-1 网络条件要求

（1）说明客户端到服务器的带宽要求（需提供测试带宽服务）

建议带宽 50M，可提供带宽测试服务（见下图）。

图 50 带宽测试界面

（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）

支持同时在线人数为 300 人，超过该人数将在线排队（见下图）。

图 51 在线人数与排队显示界面

6-2 用户操作系统要求（如 Windows、Unix、IOS、Android 等）

（1） 计算机操作系统和版本要求

Windows 7 及以上版本

（2） 其他计算终端操作系统和版本要求

无

（3） 支持移动端：◉是 ○否

本项目另有手机 APP 程序可供下载，支持 Android 8.1.0 及以上版本操作系统。

图 52 本项目的手机 APP 版展示

6-3 用户非操作系统软件配置要求（兼容至少 2 种及以上主流浏览器）

（1）非操作系统软件要求（支持 2 种及以上主流浏览器）

☑谷歌浏览器 ☐IE 浏览器 ☐360 浏览器 ☑火狐浏览器 ☐其他

（2）需要特定插件 ○是 ◉否

如勾选“是”，请填写：

插件名称：（插件全称）

插件容量：M

下载链接：

（3）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）

建议优先使用 GoolgeChrome 浏览器打开，项目网站提供浏览器下载服务。如使用其他浏览器（如 360、QQ、猎豹、遨游等浏览器），则软件载入速度可能变慢，且此时还需切换成极速模式，去掉鼠标手势，并开启硬件加速。

6-4 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：英特尔 i7 3.00GHz 以上

内存：16GB 以上；
显卡：英伟达，4GB 以上独立显存；
硬盘：128GB 以上固态硬盘。

（2）其他计算终端硬件配置要求
手机硬件配置要求
CPU：骁龙或麒麟 2.5 GHz 以上
运行内存：4GB 以上；
机身内存：64GB 以上。

6-5 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 ○有
如勾选“有”，请填写其他计算终端特殊外置硬件要求：

6-6 网络安全（实验系统要求完成国家信息安全等级二级认证）

（1） 证书编号：

32031643020-21008

（2） 请附信息系统安全等级保护备案证明

信息系统安全等级保护
备案证明

依据《信息安全等级保护管理办法》的有关规定，中国矿业大学单位的：

第二级中国矿业大学虚拟仿真实验教学共享平台系统

予以备案。

证书编号:32031643020-21008

中华人民共和国公安部监制

备案公安机关公章
2021 年 5 月 27 日

7. 实验教学技术架构及主要研发技术

指标		内容
系统架构图及简要说明		
实验教学	开发技术	☐VR ☐AR ☐MR ☐3D 仿真 ☐二维动画 ☑HTML5 ☐其他
	开发工具	☑Unity3D ☐3D Studio Max ☑Maya ☐ZBrush ☐SketchUp ☐Adobe Flash ☐Unreal Development Kit ☐Animate CC ☐Blender ☐Visual Studio ☑其他 SVN，Microsoft Project
	运行环境	**服务器** CPU 8 核、内存 32GB、磁盘 500GB、显存 16GB、GPU 型号 英伟达 **操作系统** ☑Windows Server ☐Linux ☐其他 具体版本： **数据库** ☐Mysql ☑SQL Server ☐Oracle ☐其他 **备注说明**（需要其他硬件设备或服务器数量多于 1 台时请说明） **是否支持云渲染**：○是 ◉否
	实验品质（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）	单场景模型总面数：50 万 贴图分辨率：1024×1024 显示帧率：高于每秒 30 帧 显示刷新率：高于 30 帧 分辨率：1920×1080

8. 实验教学课程持续建设服务计划

（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）课程持续建设

日期	描述
第一年	增加中英文切换功能，增加火灾安全科普的虚拟仿真游戏。
第二年	拓展火灾消防救援与自救虚拟仿真功能；
第三年	构建典型单体建筑、多高层建筑的虚拟火灾场景，
第四年	构建地震与火灾耦合虚拟仿真实验；
第五年	打造虚拟仿真综合教学与课外探索性平台。

其他描述：

中国矿业大学结构抗火虚拟仿真实验，作为学校土木建筑工程虚拟仿真实验教学中心的重点建设内容，开展项目持续建设与服务工作，一方面，完善实验教学指导书，规范学生实验成绩考核方法，另一方面，针对不同学校不同专业的不同需求进行定制化的服务，推出具有不同实验目标的实验指导手册，并提供技术支持。在五年期的建设过程中，始终与团队最新的科研成果紧密结合，与中国矿业大学正在建设的国内首套“大型强震-真实火灾耦合试验平台”紧密结合，与消防单位密切合作，目标打造成结构抗火虚拟仿真综合教学与课外探索性平台。

（2）面向高校、社会的教学推广应用计划

日期	推广高校数	应用人数	推广行业数	应用人数
第一年	5	2000	3	5000
第二年	10	4000	5	10000
第三年	15	6000	8	20000
第四年	20	8000	10	50000
第五年	30	10000	12	100000

其他描述：

土木工程专业是一项传统学科，全国开设土木工程专业的高校多达 500 多所，每年招生规模近 10 万人，但受经济、环境、场地、实验周期等因素制约，绝大多数国内外院校都无法开展防灾减灾（特别是火灾）实体实验，因此，本项目在国内外高校拥有广泛的应用需求。

第一年，通过现场或网络教学方式，在淮海经济区高校开展本项目虚拟仿真教学服务，共同提升土木工程专业及相关专业学生对火灾等灾害下建筑性能的认识。同时，将虚拟仿真实验项目面向设计单位提供层次丰富、体系完整的建筑火灾实验实训体系，让设计人员通过本项目真正理解防火设计的原理，并提高防火设计的意识。

第二~第三年，将本虚拟仿真实验项目面向国外合作院校（莫纳什大学、昆士兰科技大学等）以及江苏省及周边高校合作推广，同时，将虚拟仿真实验项目面

向消防支队、消防重点单位进行推广，针对消防救援人员以及企业员工开展专业培训。

第四~第五年，面向国内外相关高校进行推广，逐渐形成本虚拟仿真实验的品牌效应，得到相关高校的普遍认可。借助地区科技馆向普通大众进行推广，通过布设在科技馆可以让中小学生和普通大众了解相关的建筑火灾及抗震知识。

9. 知识产权

软件著作权登记情况	
以下填写内容须与软件著作权登记一致	
软件名称	建筑火灾发展与结构抗火虚拟仿真实验教学系统 V1.0
是否与课程名称一致	◉ 是　　○否
每栏只填写一个著作权人，并勾选该著作权人类型。如勾选“其他”需填写具体内容；如存在多个著作权人，可自行增加著作人填写栏进行填报。	
著作权人	著作权人类型
中国矿业大学	◉课程所属学校　○企业 ○课程负责人　○学校团队成员 ○企业人员　○其他
权利范围	全部权利
软件著作登记号	2019SR0777333
如软件著作权正在申请过程中，尚未获得证书，请填写受理流水号。	
受理流水号	

10. 诚信承诺

本团队承诺：申报课程的实验教学设计具有一定的原创性，课程所属学校对本实验课程内容（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课程的一切资源）享有著作权，保证所申报的课程或其任何一部分均不会侵犯任何第三方的合法权益。

实验教学课程负责人（签字）：

年　　月　　日

11. 附件材料清单

1. 课程团队成员和课程内容政治审查意见（必须提供）

（申报课程高校党委负责对本校课程团队成员以及申报课程的内容进行政审，出具政审意见并加盖党委印章；团队成员涉及多校时，各校党委分别对本校人员出具意见；非高校成员由其所在单位党组织出具意见。团队成员政审意见内容包括政治表现、是否存在违法违纪记录、师德师风、学术不端、五年内是否出现过重大教学事故等问题；课程内容审查包括价值取向是否正确，对于我国政治制度以及党的理论、路线、方针、政策等理解和表述是否准确无误，对于国家主权、领土表述及标注是否准确，等等。）

2. 课程内容学术性评价意见（必须提供）

[由学校学术性组织（校教指委或学术委员会等），或相关部门组织的相应学科专业领域专家（不少于 3 名）组成的学术审查小组，经一定程序评价后出具。须由学术性组织盖章或学术审查小组全部专家签字。无统一格式要求。]

3. 校外评价意见（可选提供）

（评价意见作为课程有关学术水平、课程质量、应用效果等某一方面的佐证性材料或补充材料，可由课程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。）

附 件 目 录

1. 《土木工程防灾与减灾》课程教学大纲

2. 计算机软件著作权登记证书

3. 政治审查和学术性评价意见

4. 校外评价意见

5. 部分系统日志

理论课程教学质量标准

（2016 版）

中国矿业大学力学与土木工程学院

目 录

M02022 《建筑施工 B》课程教学质量标准.....1
M02023 《土木工程投资与概预算》课程教学质量标准.....5
M02101 《交通规划与道路勘测设计》课程教学质量标准.....9
M02102 《道路工程》课程教学质量标准.....13
M02103 《桥梁工程》课程教学质量标准.....16
M02104 《爆破工程 B》课程教学质量标准.....19
M02106 《轨道交通线路设计》课程教学质量标准.....22
M02107 《轨道工程》课程教学质量标准.....25
M02108 《轨道交通桥梁工程》课程教学质量标准.....27
M02109 《铁路隧道》课程教学质量标准.....30
M02110 《铁路路基工程》课程教学质量标准.....33
M02112 《地铁与轻轨 A》课程教学质量标准.....35
M02113 《城市道路交通 A》课程教学质量标准.....37
M02114 《桥涵水文》课程教学质量标准.....41
M02115 《桥梁检测与加固》课程教学质量标准.....44
M02116 《道路养护与维修技术》课程教学质量标准.....46
M02117 《土木工程环境》课程教学质量标准.....49
M02118 《高速铁路工程》课程教学质量标准.....51
M02119 《城市道路交通 B》课程教学质量标准.....53
M02120 《道桥工程设计与施工》课程教学质量标准.....57
M02122 《爆破工程 C》课程教学质量标准.....60
M02123 《科技英语写作》课程教学质量标准.....63
M02125 《桥梁施工与养护》课程教学质量标准.....65
M02201 《BIM 技术原理及其应用 A》课程教学质量标准.....68
M02202 《FIDIC 与国际工程合同管理》课程教学质量标准.....71
M02204 《工程经济学 A》课程教学质量标准.....74
M02205 《工程经济学 B》课程教学质量标准.....77
M02206 《工程经济学 C》课程教学质量标准.....80
M02207 《工程项目管理 C》课程教学质量标准.....83
M02208 《工程项目管理 B》课程教学质量标准.....86
M02210 《建设法规》课程教学质量标准.....89
M02211 《建筑经济与施工管理》课程教学质量标准.....91

M02435 《土木工程材料 B》课程教学质量标准.....304
M02436 《建筑结构与选型》课程教学质量标准.....307
M02437 《土木工程概论》课程教学质量标准.....310
M02438 《结构力学 C》课程教学质量标准.....313
M02440 《土木工程防灾与减灾》课程教学质量标准.....316
M02443 《结构类模型创构与实现》课程教学质量标准.....319
M02601 《理论力学》课程教学质量标准.....322
M02602 《材料力学》课程教学质量标准.....326
M02603 《数值分析》课程教学质量标准.....330
M02604 《结构力学 B》课程教学质量标准.....334
M02605 《结构分析程序》课程教学质量标准.....338
M02606 《FORTRAN 语言程序设计》课程教学质量标准.....341
M02607 《弹性力学 A》课程教学质量标准.....345
M02608 《振动理论与测试技术》课程教学质量标准.....348
M02609 《实验力学》课程教学质量标准.....352
M02610 《计算力学》课程教学质量标准.....355
M02611 《流体力学 A》课程教学质量标准.....358
M02612 《分析力学》课程教学质量标准.....361
M02613 《塑性力学》课程教学质量标准.....363
M02616 《断裂力学》课程教学质量标准.....365
M02617 《复合材料力学》课程教学质量标准.....367
M02618 《高等动力学》课程教学质量标准.....370
M02619 《力学发展简史》课程教学质量标准.....372
M02620 《身边的力学》课程教学质量标准.....375
M02621 《高等弹性力学》课程教学质量标准.....377
M02622 《岩土工程计算软件》课程教学质量标准.....380
M02623 《粘弹性理论》课程教学质量标准.....382
M02624 《应力波理论基础》课程教学质量标准.....384
M02625 《结构模态分析》课程教学质量标准.....386
M02626 《工程力学 A(1)》课程教学质量标准.....388
M02627 《工程力学 A(2)》课程教学质量标准.....392
M02628 《工程力学 B(1)》课程教学质量标准.....397
M02629 《工程力学 B(2)》课程教学质量标准.....401
M02630 《工程力学 C》课程教学质量标准.....405

课程编号：M02440

《土木工程防灾与减灾》课程教学质量标准

40 学时　　2.5 学分

《土木工程防灾与减灾》课程是土木工程专业结构与防灾减灾方向的专业主干课；其先修课程是结构力学 A（1）（2）、结构设计原理、结构设计类课程（如：钢筋混凝土结构设计、钢与组合结构设计或工程结构设计）；适用土木工程专业、建筑学专业、工程管理专业。本课程主要讲授灾害（地震、火灾）基本知识、工程结构灾害的主要特点、抗震与防火设计的基本原则、理论与方法等。使学生初步掌握工程结构抗震与防灾的基本技能，为后续毕业设计环节和继续深造打好基础。

一、课程目标

本课程着重培养学生：了解地震和火灾灾害的基础知识；掌握工程结构抗震与防灾的基本概念和要求；掌握工程结构抗震设计的基本原则、概念和要求；掌握地震作用和结构抗震验算的基本方法；了解建筑结构的抗震试验技术；熟悉常见工程结构的抗震构造措施；掌握建筑物耐火等级与耐火极限概念；熟悉火灾下结构材料的高温特性；了解建筑火灾发展与结构抗火试验技术；掌握结构抗火设计的原则与方法；熟悉建筑结构防火保护措施。

除上述专业内容以外，本课程还重视使学生基本具备能够融合所学数学、自然科学和工程科学的基本原理，识别、表达、并通过文献查阅，运用现代工具，分析复杂工程问题，以获得有效结论之能力。

二、课程内容、要求及学时分配

主要教学内容

序号	章节		内容及要求	学时	备注
1	第 1 章	序论	了解工程结构灾害概念、特征 了解我国灾害分布情况 掌握防灾减灾一般对策与措施	2	
2	第 2 章	结构抗震基本知识	了解构造地震的成因 掌握地震波、地震震级和烈度等概念 了解地震的震害 掌握抗震设防的目标和方法 掌握建筑抗震设防分类与设防标准 了解抗震设计的基本要求 熟悉并掌握场地土类型及场地类别的划分方法	3	

3	第 3 章	结构抗震计算	掌握结构抗震计算原则 理解并掌握单质点弹性体系的地震反应分析方法 理解并掌握多质点弹性体系的地震反应分析方法 掌握水平地震作用计算的底部剪力法和振型分解反应谱法 熟悉竖向地震作用的计算方法 掌握结构自振周期和振型的近似计算方法 理解地震作用计算的一般规定	10	
4	第 4 章	抗震概念设计	掌握建筑设计的规则性 掌握结构设计的规则性 了解结构材料与结构体系 掌握提高结构抗震性能的措施 了解非结构构件抗震设计	2	
5	第 5 章	钢筋混凝土房屋抗震设计	了解钢筋混凝土结构地震震害 掌握框架结构内力和侧移的计算方法 掌握框架、框剪、剪力墙结构抗震设计方法 熟悉框架、框剪、剪力墙结构抗震构造措施	6	
6	第 6 章	工程结构抗震试验技术	了解建筑结构抗震试验方法 学习建筑结构抗震虚拟仿真实验，掌握建筑结构抗震性能评价方法	2	
7	第 7 章	多层砌体房屋抗震设计	了解多层砌体房屋地震震害 掌握多层砌体房屋抗震设计方法 熟悉其抗震构造措施	2	
8	第 8 章	钢结构房屋抗震设计	了解钢结构地震震害分析 了解钢结构抗震计算方法 熟悉其抗震构造措施	2	
9	第 9 章	工程结构抗火设计	了解建筑火灾的基本知识 了解高温下建筑结构材料的力学性能和热物理性能 掌握结构抗火设计的基本原理、一般原则与方法 掌握并能熟练运用火灾下建筑构件的温升计算方法 掌握并能熟练运用钢结构基本构件的抗火计算方法	8	
9	第 10 章	工程结构抗火试验技术	了解建筑结构抗火试验方法 学习建筑火灾发展虚拟仿真实验，了解一般室内火灾与大空间火灾的差异性 学习建筑结构抗火虚拟仿真实验，掌握建筑结构耐火极限评定原则以及耐火性能提升措施	3	
合　计				40	

三、师资队伍

课程负责人：副教授及其以上职称，具有相应的工程与研究背景。

主讲教师：　博士或讲师以上职称。

四、教材及教学参考

1. 叶继红主编. 土木工程防灾. 北京：中国建筑工业出版社. 2018
2. 李爱群等编著.工程结构抗震与防灾（第二版）. 南京：东南大学出版社. 2012
3. 肖建庄. 高性能混凝土结构抗火设计原理. 北京：科学出版社. 2015
4. Ray W. Clough, Joseph Penzien. Dynamics of Structures (Second Edition). McGRAW-Hill International Editions, 1993
5. 尚守平等主编. 结构抗震设计(第 3 版). 北京：高等教育出版社. 2015.
6. 周云主编. 土木工程防灾减灾学. 广州：华南理工大学出版社. 2005.
7. 柳炳康等编著.工程结构抗震设计. 武汉：武汉理工大学出版社. 2010
8. 龙帮云等编著. 建筑结构抗震设计. 南京：东南大学出版社. 2011
9. 李国强等著. 钢结构及钢-混凝土组合结构抗火设计. 北京：中国建筑工业出版社. 2006
10. Guoqiang Li et al. Advanced analysis and design for fire safety of steel structures. Hangzhou: Zhejiang University Press. 2012

五、教学组织

以学生为主体、以教师为主导的教育理念；根据课程内容和学生特点，进行合理的教学设计，重视教学方法改革，灵活运用多种恰当的教学方法，如讨论式、启发式教学，灵活运用多种恰当的教学手段，如模型、动画、视频等有效调动学生学习积极性，促进学生学习能力发展。恰当充分地使用现代教育技术手段开展教学活动，激发学生学习兴趣，提高教学效果。

课程辅导答疑采用两种形式：每周一次的面对面辅导答疑，以及不受时间、空间限制的网络辅导答疑。

作业要求及批阅反馈：每周布置作业一次，由教师批改 1/3 以上，并在下一周反馈。

六、课程考核

注重过程考核，以平时成绩和笔试成绩或综合设计成绩进行综合评定；

平时成绩为 30%，笔试成绩占 70%；

笔试采用闭卷或半开半闭方式，考试时间 100 分钟。

七、说明

（1）教学内容中所列内容，授课教师可根据防震与防灾技术的发展进行补充完善；部分内容可由学生课外自学。

（2）本标准适用土木工程专业工业与民用建筑工程方向和防灾减灾与防护工程方向，工程管理专业和建筑学专业要结合专业特点进行适当调整。

（3）本课程教学质量标准的变更应由课程负责人提出，专业负责人审批并报学院和教务部备案。

制定者：陈　伟

审定者：吕恒林

批准者：王文顺

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4198090号

软 件 名 称：建筑火灾发展与结构抗火虚拟仿真实验教学系统 V1.0

著 作 权 人：中国矿业大学

开发完成日期：2019年07月02日

首次发表日期：未发表

权利取得方式：原始取得

权 利 范 围：全部权利

登 记 号：2019SR0777333

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。

中华人民共和国国家版权局 计算机软件著作权登记专用章

2019年07月26日

No. 04326562

关于中国矿业大学《建筑结构抗火虚拟仿真实验》申报2021年江苏省级虚拟仿真实验一流课程的政治审查意见

《建筑结构抗火虚拟仿真实验》课程教学团队由中国矿业大学陈伟、叶继红、张营营、郭震、姜健、常虹、卢丽敏、王勇、龙帮云、常鸿飞、杜健民，张晓坤、徐锦锦、陈潇组成。其中，教学团队主要成员陈伟、叶继红、张营营、郭震、姜健五位同志均为中共党员，团队其他成员常虹、卢丽敏、常鸿飞、杜健民四位同志亦为共产党员。上述九位同志均在中国矿业大学力学与土木工程学院建筑工程系开展教学与科研工作，该系曾于2020年获徐州市“彭城恩师”先进集体荣誉称号。

该教学团队成员具有坚定的政治立场，忠诚于党和人民的教育事业，贯彻党的教育方针，始终坚持正确的政治导向，践行社会主义核心价值观。团队教师长期工作在教学科研第一线，立德树人，教书育人，为人师表，爱岗敬业，严谨治学，自觉遵纪守法，模范遵守社会公德。

经审查，该课程具有正确的政治方向、价值取向，无危害国家安全、涉密及其他不适宜网络公开传播的内容，无侵犯他人知识产权内容。

中共中国矿业大学委员会

2021年6月1日

关于中国矿业大学《建筑结构抗火虚拟仿真实验》

申报 2021 年江苏省级虚拟仿真一流课程的学术性评价意见

《建筑结构抗火虚拟仿真实验》依托土建类人才国家级工程实践教育中心、江苏省城市地下空间火灾防护重点实验室等省部级以上的重要教学科研平台，服务于《土木工程防灾与减灾》等专业课程实践教学，解决了实体火灾实验普遍存在的高成本、高消耗、高安全风险的不利问题，体现了从火灾温度场到结构抗火的连贯性教学内容。

课程负责人陈伟同志为中国矿业大学优秀青年骨干教师，一直从事工程结构抗火教学与科研工作，担任中国建筑学会结构抗火专业委员会委员，负责建设了徐州市工程结构火安全重点实验室，承担与本课程相关的教改课题三项、其虚拟仿真教学内容曾获江苏省高校土木工程专业青年教师讲课竞赛特等奖、江苏省微课教学比赛二等奖，其抗火研究成果被国际机构“Advances in Engineering”遴选为 Key scientific article。

《建筑结构抗火虚拟仿真实验》课程项目突出以学生为中心的教学设计，课程建设团队具有丰富的教学经验，课程建设过程还有国家杰青教授（亦为教学团队主要成员）亲自指导，课程知识体系科学，资源配置全面合理，具有较高的科学性水平，教学质量高，共享范围广，应用效果好，示范引领性强，符合江苏省级虚拟仿真一流课程的申报要求，特此推荐。

中国矿业大学学术委员会

2021 年 6 月 9 日

建筑结构抗火虚拟仿真试验
评价证明

中国矿业大学力学与土木工程学院研发的“建筑结构抗火虚拟仿真实验”，解决了实体抗火试验中普遍存在的高危极端环境，高成本、高消耗等实际问题，与土木工程专业的主干课程《土木工程防灾与减灾》结合紧密，涵盖了从建筑火灾类型到混凝土以及钢结构构件抗火的连贯性教学内容。该虚拟仿真实验的教学设计环节及教学视频生动形象、虚拟仿真功能设计合理、交互性与探索性强、实验过程准确、实验现象沉浸性好，并且体现了最新的科学研究成果。通过在我院土木工程专业的教学应用，使学生趣味地学习了建筑结构抗火方面的重要知识，并加深了对结构抗火基本原理的理解，取得了良好的教学效果，为我院土木工程创新人才培养提供了有力支持。

苏州科技大学土木工程学院

2021年3月

建筑火灾发展与结构抗火虚拟仿真实验
评价证明

中国矿业大学力学与土木工程学院研发的“建筑火灾发展与结构抗火虚拟仿真实验”，涵盖了从建筑火灾发展到混凝土以及钢结构构件抗火的连贯性内容，解决了学生缺乏对于建筑火灾以及结构抗火基本原理的直观认识的教学难题。该虚拟仿真实验具有功能设计合理、交互与操作性强、实验过程准确、实验现象沉浸性好等特点。通过在我院土木工程专业的教学应用，使学生趣味地学习了建筑火灾的基础知识以及结构抗火试验方法，并加深了对结构抗火基本原理的理解，取得了良好的教学效果，为我院土木工程创新人才培养提供了有力支持。

江苏科技大学土木工程学院

2019.7.2

中国矿业大学抗火虚拟仿真试验
应用评价证明

河北冶金建设集团勘察设计有限公司是一家具有建筑工程设计甲级、冶金行业（钢铁、焦化耐火）设计乙级资助企业。自从 2018 年建筑钢结构防火技术规范 GB51249 开始实施以来，我公司一直在加强钢结构工程和冶金行业的抗火/耐火设计能力。我公司新招应届毕业生对结构抗火设计非常陌生，原因在于目前国内很少有高校专门开设结构抗火方面的本科/研究生课程。同时，结构抗火方面的的社会课程资源少，学习内容抽象，规范的条文内容不利于技术人员理解与消化。对此，我公司知悉中国矿业大学力学与土木工程学院研发了“抗火虚拟仿真实验”。该教学内容与我公司的工作需求和业务培训非常契合，并且非常生动形象地展示了钢筋混凝土结构和钢结构通过怎样的设计措施可以提供多少程度的耐火性能，这非常利用设计人员自学并掌握结构抗火的核心知识点。目前，我公司已与中国矿业大学联合开展了两期的设计人员培训，通过抗火虚拟仿真实验，设计人员切实增强了结构抗火的设计水平，业务能力得到明显提升。

河北冶金建设集团勘察设计有限公司

2022 年 5 月

中国矿业大学抗火虚拟仿真试验
应用评价证明

江苏昌盈消防科技有限公司是一家专业从事消防设施安装与维护一体的消防企业。公司要求技术人员具有一定的火灾安全和结构抗火的专业知识，然而，该方面的社会课程资源少，内容抽象，不利于技术人员理解与消化，这在一定程度上也限制了公司对于客服在消防专业知识的宣贯。对此，我公司知悉中国矿业大学力学与土木工程学院研发了“抗火虚拟仿真实验”。该教学内容生动形象，并且与我单位的工作需求和业务培训非常契合，它涵盖了从建筑火灾类型到混凝土以及钢结构构件抗火的连贯性知识。通过该虚拟仿真试验的学习，我单位技术人员能够形象地了解到建筑结构如果发生受火破坏以及如何确定破坏状态与耐火极限等重要内容，并且可以学习到当建筑结构耐火不满足要求时，如何可以有效提高其耐火性能，这对于业务素质提高很有帮助。目前，我公司已与中国矿业大学联合开展了多期的人员培训，提升了公司技术人员的业务水平，受到了技术人员的一致好评。

江苏昌盈消防科技有限公司 320320986923

2022 年 5 月

中国矿业大学抗火虚拟仿真试验
应用评价证明

中国矿业大学力学与土木工程学院研发的“建筑结构抗火虚拟仿真实验”，与我单位专业教学和业务培训非常契合，其涵盖了建筑火灾类型、混凝土与钢结构构件抗火的连贯性教学内容。该虚拟仿真实验的教学设计环节及教学视频生动形象、交互性与探索性强、实验过程准确，并且体现了最新的科学研究成果。通过在我院土木工程专业的教学应用，使学生趣味地学习了建筑结构抗火方面的重要知识，并加深了对结构抗火基本原理的理解，取得了良好的教学效果，为我院土木工程创新人才培养提供了有力支持。该虚拟仿真试验的培训学习，我单位工作人员能够形象地了解到建筑结构如果发生受火破坏以及如何确定破坏状态与耐火极限等重要内容，并且可以学习到当建筑结构耐火不满足要求时，如何可以有效提高其耐火性能，这对于业务素质提高很有帮助，受到了广大师生的一致好评。

宁夏大学土木与水利工程学院

2022 年 5 月

中国矿业大学抗火虚拟仿真试验
应用评价证明

江苏中淮建设科技有限公司日常开展各类工程建设活动，并且专业从事消防设施施工与消防技术服务。公司的技术与营销队伍都要求具有一定的火灾安全和结构抗火的专业知识，并且对于公司客户也需要开展消防与火灾方面的宣传与介绍工作。然而，当前，很多高校的土木工程专业没有开设结构抗火方面的课程，相关的社会公开资源也非常少。针对该问题，我公司与中国矿业大学力学与土木工程学院开展合作，利用中国矿业大学开发的“抗火虚拟仿真实验”进行人员业务培训。该虚拟仿真实验非常形象生动，包含了从建筑火灾类型到混凝土以及钢结构构件抗火的连贯性教学内容。通过两期的业务培训活动，明显提高了我公司人员的综合业务素质，达到了很好的实施效果，受到了公司员工以及公司客户的广泛好评。

江苏中淮建设科技有限公司 320311010629

2022 年 5 月

中国矿业大学抗火虚拟仿真试验
应用评价证明

我单位四川方易科技有限公司的一项日常工作任务是对当地学校建筑开展消防安全评估，其中，老旧建筑结构自身耐火性能评估是重要工作内容，这对于保障社会公共安全和人民生命安全具有重要意义。然而，建筑耐火性能评估对业务素质要求极高，对此，工作人员很难有机会亲自看到建筑结构的受火破坏，并且对于建筑结构耐火极限的正确求解并不熟悉。中国矿业大学力学与土木工程学院研发的“抗火虚拟仿真实验”，与我单位的工作需求和业务培训非常契合，它涵盖了从建筑火灾类型到混凝土以及钢结构构件抗火的连贯性教学内容。通过该虚拟仿真试验的学习，我单位工作人员能够形象地了解到建筑结构如果发生受火破坏以及如何确定破坏状态与耐火极限等重要内容，并且可以学习到当建筑结构耐火不满足要求时，如何可以有效提高其耐火性能，这对于业务素质提高很有帮助，受到了广大工作人员的一致好评。

四川方易科技有限公司

2022 年 5 月