

# 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)

课程名称：建筑防火工程、消防工程专业实验（1）

专业类代码：083102K

负责人：朱国庆

联系电话：13605205282

申报学校：中国矿业大学

填表日期：2021.05.26

推荐单位：安全工程学院

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○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。

## 1. 基本情况

实验名称	高校公共建筑安全疏散设计虚拟仿真实验	是否曾被推荐	○是 ●否
实验所属课程 (可填多个)	建筑防火工程、消防工程专业实验(1)		
性质	●独立实验课 ○课程实验		
实验对应专业	消防工程		
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	<input checked="" type="checkbox"/> 高危或极端环境 <input type="checkbox"/> 高成本、高消耗 <input checked="" type="checkbox"/> 不可逆操作 <input type="checkbox"/> 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 2 期: 1. 2019 年 9 月至 2019 年 11 月, 37 人 2. 2020 年 9 月至 2020 年 11 月, 72 人		
有效链接网址	<a href="http://safe.cumt.rofall.net/virexp/jjaq">http://safe.cumt.rofall.net/virexp/jjaq</a>		

## 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	朱国庆	1968.09	中国矿业大学	专业建设负责人	教授	13605205282	zgq119xz@126.com	总体设计(在线教学服务)
2	刘洪永	1982.04	中国矿业大学	副主任	副教授	13685176461	lhyeven@163.com	项目开发(在线教学服务)
3	刘宏	1985.11	中国矿业大学	副主任	副教授	15351632568	liuhong2013@cumt.edu.cn	实验设计(在线教学服务)
4	季经纬	1976.02	中国矿业大学	省重点实验室主任	教授	13685111016	jjwcn126@126.com	实验设计(在线教学服务)
5	王喆	1988.11	中国矿业大学	-	助理实验师	15895201649	wangzhe0391@163.com	实验设计(在线教学服务)

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	张国维	1987.07	中国矿业大学	-	副教授	实验设计（在线教学服务）
2	安伟光	1986.07	中国矿业大学	省重点实验室副主任	副教授	实验设计（在线教学服务）
3	陈小雨	1986.04	中国矿业大学	-	副教授	实验设计（在线教学服务）
4	何路	1991.01	中国矿业大学	-	讲师	实验指导（技术支持）
5	程庆迎	1979.08	中国矿业大学	-	讲师	实验指导（技术支持）
6	周延	1970.03	中国矿业大学	-	教授	实验指导（技术支持）
7	朱江	1969.05	山西省消防救援总队	总工程师	高级工程师	实验指导（技术支持）
8	闫怀林	1979.01	中国矿业大学工程咨询研究院(江苏)有限公司	院长助理	高级工程师	实验指导（技术支持）
9	王鸿稷	1989.03	北京润尼尔网络科技有限公司	技术总监	软件设计	项目管理（技术支持）
10	杨博雯	1992.06	北京润尼尔网络科技有限公司	产品经理	软件工程师	项目开发、维护及优化（技术支持）

团队总人数： 15 人 其中高校人员数量： 11 人 企业人员数量： 4 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）

#### （1）近 5 年来承担该实验教学任务情况

1) 朱国庆、刘宏、王喆，高校公共建筑安全疏散设计虚拟仿真实验，2020 年 9 月至 2020 年 11 月，72 人次。

2) 朱国庆、刘洪永、季经纬，高校公共建筑安全疏散设计虚拟仿真实验，2019 年 9 月至 2019 年 11 月，37 人次；

## (2) 负责人开展教学研究、学术研究、获得教学奖励的情况

### 1) 教学研究情况

- ① 《建筑防火工程》校级资源建设，中国矿业大学，2012.10-2014.10;
- ② 《建筑防火工程》教学方法改革，中国矿业大学，2015.03-2017.10。

### 2) 学术研究情况

① 江苏省城市地下空间火灾防护高校重点实验室建设，江苏省教育厅，2019.05，项目负责人；

② 气承式储煤棚防火设计规范，国家能源局，2018.05，项目负责人；

③ 薄型可燃物竖向燃烧动力学过程研究-Y，江苏科技厅，2017.07，项目负责人；

④ 国家十三五重点研发计划《高机动多功能应急救援车辆关键技术研究与应用示范》之《车载常规与特种应急救援器材研发》(2016YFC0802907)，课题负责人，总经费 2675 万元，国拨经费 525 万元，2016-2021。

⑤ 应急管理部“消防员职业健康保护技术研究”(2020XFLR43)，2020.11-2023.11，经费 69.8 万元；

⑥ 应急管理部“消防员入职和等级考核的体能培训与评价体系”(2019XFLR60)，经费 25 万元，2019.6-2020.12。

### 3) 教学奖励情况

① 2018 年 12 月，指导研究生俞梦玮获 2018 年度江苏省优秀硕士学位论文；

② 2017 年，指导研究生团队获得第十五届江苏省大学生课外学术科技作品竞赛暨“挑战杯”全国竞赛江苏省选拔赛特等奖；

③ 2017 年，指导研究生团队获得第十五届“挑战杯”全国大学生课外学术科技作品竞赛二等奖；

④ 2016 年，获中国矿业大学第二届“立德树人·最美教师”师德楷模提名奖。

### 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）

安全疏散设计是一个复杂的综合性课题，认识并熟悉建筑的安全疏散设施和进行合理的安全疏散设计对于人员疏散安全至关重要。建筑安全疏散设计实验要求的实验场景往往需要高度还原火灾现场，而还原火灾场景进行疏散实验具有较高的危险性、不可控性和不可重复性，因此在实验教学中，不宜构建真实场景，而在日常场景中进行安全疏散实验学生难以沉浸在火场的氛围中。

本实验项目通过虚拟再现建筑火灾疏散场景，模拟安全疏散设计中涉及的方案，实现建筑疏散设施的认知及主要疏散环节的场景化设计，通过疏散逃生场景的模拟来构建与体验火灾逃生的氛围，在虚拟场景中使学生完成建筑疏散设计综合能力的考核。该项目不仅能将课堂所学应用于公共建筑安全疏散的探究实践，还可以解决理论知识和工程设计验证之间的衔接问题，使学生通过可见即所得的方式评估设计效果、校验设计方案。

#### 3-1-1 实验的必要性及实用性

##### 1) 必要性

##### (1) 真实实验场景难以搭建

建筑疏散设施的选择和疏散设计与建筑的功能属性、耐火等级等因素密切相关，设计情形千差万别，相关技术参数繁杂，即有建筑无法以场景方式进行建筑安全疏散影响因素及安全疏散设计的实体实验，学生感性认知度较低，感觉摸不到、见不着，难于深入理解，严重影响教学效果。

##### (2) 实验具有不确定、不可控性及高危险性

建筑安全疏散是在火灾紧急情况下发生的，在用建筑中难以开展火灾情况下的人员疏散实验，且实体疏散实验具有不确定性、不可控性。如采用释放冷烟方式构建火灾场景，以模拟疏散的实验教学，也易引发其他人员恐慌，可能带来不可控的灾害后果，学生难以开展实践操作，安全性难以保障。

##### (3) 实验的环境不友好性

若在课堂展开真实的安全疏散实验，需要特定的逃生建筑并还原火灾场景，而实验教学中产生的烟气及设置的火灾场景对建筑、环境有一定的破坏作用，实验结束后，需要对实验现场进行清扫整理，费时费力。

##### (4) 教学模式难以适应实践能力培养的需求

本课程的实验课多是学生被动“配合”理论教学，教师直接传授有余，分析问题引导不足，任务要求统一有余，因材施教不足，学生缺乏研究探索空间。信息技术与教学没有深度融合，以学生为中心的教学理念没有形成，难以促进信息时代学生创造力和个性化发展。

##### 2) 实用性

本实验系统构建的虚拟仿真实验环境，全方位覆盖了高校公共建筑安全疏散设计涉及的所有知识点，将深奥而难以想象的疏散设施设计过程和布设结果以图形和应用场景方式直观呈现，极具可观性和吸引力。解决了实体实验难以组织实施，也无法承受大批量的学生同时实验的难题。有效地拓展了实验内容的深度和广度，提升了安全疏散设计与校验部分的学习效果，凸显了虚拟仿真实验的优势。

依托虚拟仿真实验教学项目，切实拓展了以自主探究为主要形式的实验教学方法，通过让学生自主设置安全疏散设施及其主要参数，自主实现对公共建设安全疏散的校验，结合软件的自动评分系统，让学生能够直观看到实验效果，有效调动了学生参与实验教学的积极性和主动性，激发了学生的学习兴趣 and 潜能，推进了探究式教学方法的普遍运用。

在引导学生完成基本实验的前提下，设置了公共建筑安全疏散综合设计与应用的拓展实验。要求学生自主设计疏散设施，利用虚拟仿真实验系统，验证与完善安全疏散设计的各项性能指标，自主分析实验结果，有效培养提升学生解决复杂问题的综合能力和高阶思维。

### **3-1-2 教学设计的合理性**

本实验选择了高校图书馆作为安全疏散实践的对象，将与学生密集相关的身边建筑融入实验教学，更能激发学生的学习热情。在疏散规范与流程设计上，依据我国国家现行建筑消防设计规范——《建筑设计防火规范》GB50016-2014(2018版)标准和《消防应急照明和疏散指示系统》GB17945-2019，并在创建的图书馆里进行了落地实践，确保了安全疏散设计的科学性和可操作性。

### **3-1-3 实验系统的先进性**

“高校公共建筑安全疏散设计”虚拟仿真实验项目结合工程教育理念，按照以学生为中心、以产出为导向的建设思路，将行业的科研成果以及实际工程转化为实验教学内容，按照线上线下共享服务的理念，通过虚拟仿真技术实现。

虚拟仿真实验包含三大模块：安全疏散设计、安全疏散模拟、考核模式，具体框图如图 3-1-1 所示。主要设计思路有四点：

1) 实现系统化训练。上述三个模块相互紧密衔接、层层递进，全部依靠计算机仿真技术协助学生完成安全疏散设计、模拟、考核等多个实验环节，促进学生深入理解安全疏散设计的整体化和内在关联性。

2) 强调基于数据的决策过程和问题导向。学生可以改变安全出口宽度与布置、疏散通道宽度、应急照明和疏散指示标志设计等参数设置，仿真算法将疏散设计过程进行可视化，并直接影响接下来的疏散模拟。提高学生通过数据研究系统综合状况的能力，鼓励通过数据对比探讨系统优化方案。

3) 着力为每个同学提供个性化实验方案。在设施设计、参数选择、模拟仿真等多个环节体现差异化，在确保基本方法一致的前提下通过不同场景形成个性化实验方案，鼓励学生探讨更加独立的实验思路和观点，提高其创新能力。

4) 重点建设实验服务系统中的数据分析工具和可视化展示，为学生提供更全面更直观的途径理解安全疏散设计原理。

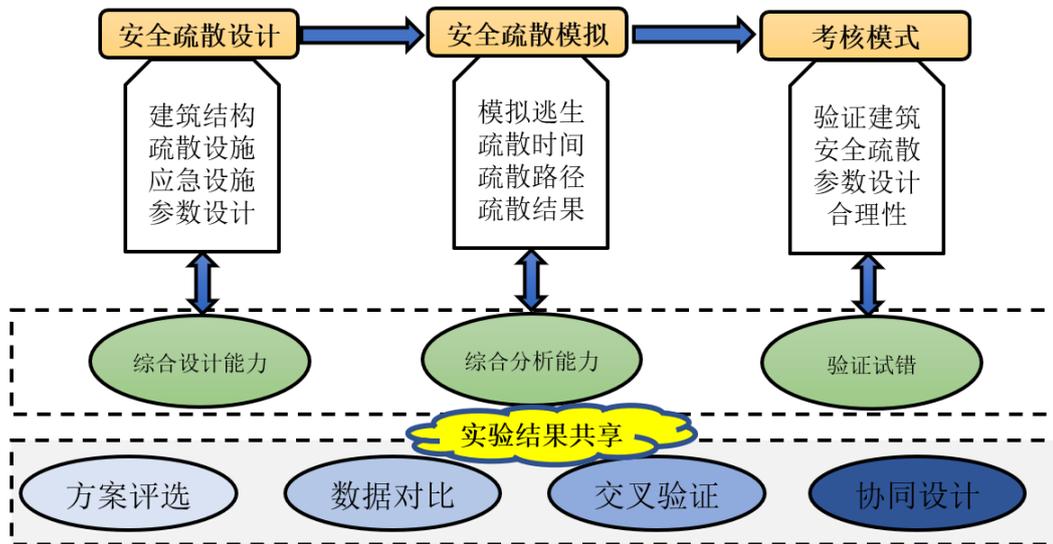


图 3-1-1 高校公共建筑安全疏散设计虚拟仿真实验项目框架

### 3-2 实验教学目标（实验后应该达到的知识、能力水平）

近年来，我国的建筑防火形势日趋严峻，建筑火灾在各种火灾事故中占居首位，其发生的起数和造成的人员伤亡在总火灾中所占比例约 70%。保证建筑内的人员在紧急情况下的安全疏散是一个涉及建筑结构、火灾发展过程、建筑消防设施配置和人员行为等多种基本因素的复杂问题。因此，认识建筑的安全疏散设施和合理设计建设安全疏散对于人员安全至关重要。

《建筑防火工程》是中国矿业大学的精品课程，是消防专业的主干课程之一。课程要求学生掌握建筑安全疏散设计中的建筑耐火等级的确认、关键消防安全疏散设施辨识与安装，并熟练掌握运用设计规范的规定。通过本实验要达到的教学目标如下：

- (1) 掌握建筑耐火等级的概念及其对建筑安全疏散设计的影响；
- (2) 理解掌握疏散设施的不同功能及其参数设置；
- (3) 理解掌握疏散安全分区的定义及其对建筑安全疏散设计的影响；
- (4) 会计算确定不同耐火等级和不同楼层疏散宽度；
- (5) 理解掌握建筑内疏散距离的要求；

(6) 学会应急照明与疏散指示标志的辨识与安装;

(7) 了解建筑疏散的过程及一些关键指标。

上述实验教学目标的达成有助于学生毕业后快速适应建筑疏散设计、疏散设施安装、建筑消防疏散评估等工作,或从事建筑安全疏散等科学研究。为毕业生成长为高层次应用型“新工科”人才奠定重要的基础。

为达成以上实验教学目标的达成,本实验设置三个模块实验内容:

模块一:安全疏散设计。在建筑耐火等级与消防疏散设施的认知与辨识方面,培养学生的总体认知及建筑耐火等级识别能力,一定程度上可代替建筑现场的实习实践。在建筑安全疏散参数设计方面,培养学生的工程意识及工程设计思路,提升学生解决建筑安全疏散设计问题的能力,并拓展专业视野。在应急照明与疏散指示标志的布设方面,强化学生对应急照明与疏散指示标志的布设的认识,树立重视实践、关注数据、尊重客观规律的理念,锻炼学生从运行中发现问题、总结规律的能力,提升工程创新能力。

模块二:应急安全疏散的虚拟仿真。增强学生对建筑安全疏散过程的认识,帮助学生深入理解安全疏散设计的意义及其作用。

模块三:考核模式。该模块设立多重考核机制,学生不仅可在规定时间内对疏散设计重新进行整改优化,并在疏散模拟完成后,会随机从题库中抽取相关的习题进行考核,该模式可全面评价学生设计能力,增强学生对疏散系统理论知识更深层次的理解,提高理论知识与设计实践相结合的能力,同时易于让学生发现自己的薄弱环节,从而重点学习突破,以全面提高其解决工程技术问题的能力。

项目可在学生自己设计好的建筑疏散环境中,开启安全疏散模式,进行虚拟逃生演练。在演练过程中,学生可通过第一视角进行疏散,将真实的逃生场景进行了高度仿真,使学生身临其境,感受逃生时的心理状态。演练结束后,学生可从监控器视角进行逃生回顾,加深学生对于安全疏散场景的印象。

首先,虚拟运行仿真将为学生提供对前期建筑疏散设计的验证手段,通过对关键运行数据的分析发现设计中的问题,通过解决这些问题提升实践能力;其次,结合基本的疏散参数选择与制定,也有助于学生理解当前火灾安全疏散领域内的规范设计,从工程化的角度看待建筑安全疏散问题;最后,火灾逃生模拟演练能增强学生的工程实践体验,提升学生对于疏散现场知识的掌握。

### 3-3 实验课时

(1) 实验所属课程课时:

《建筑防火工程》48 学时/《消防工程专业实验(1)》32 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)

本实验的实验原理和知识点覆盖了消防工程本科生课程《建筑防火工程》和《消防工程专业实验(1)》。

#### 1) 安全疏散设计实验原理

该模块以中国矿业大学图书馆建筑的实际场景为背景,学生通过虚拟场景首先对整个建筑形成一个基本认识,确定建筑耐火等级,并进行安全出口布置、疏散宽度设计以及应急照明、疏散指示标志的设置。

安全疏散设计是指根据建筑的特性设定的火灾条件,针对灾害及疏散形式的预测,采取一系列防火措施保证人员疏散安全,并使其具有足够的安全度。一般认为,到达符合规范要求安全条件的疏散楼梯间,即认为到达了相对安全区域,完成了安全疏散的过程。安全疏散设计的基本原则为,认真分析不同建筑物中人员在火灾条件下的心理状态及行动特点,并在此基础上采取相应的设计措施。安全疏散设计的具体原则包括双向疏散原则、简捷明了原则以及与正常生活流线相结合原则等。

#### 2) 安全疏散模拟实验原理

学生在完成疏散设施的布置和设计后,可选择进入安全疏散模拟模式。学生在进行仿真运行的过程中可在 3D 条件下通过第一人称视角漫游虚拟疏散场景。在模拟疏散过程中,学生需要确认不同能见度下的疏散情况。

##### ① 正常能见度情况

烟气层高于 2.0m 的正常能见度情况下,以第一人称视角漫游整个疏散过程,以人员数量和疏散宽度修正运动速度、展示疏散的瓶颈。

##### ② 最小安全能见度情况

烟气层下降至 2.0m 安全高度后,疏散走道的能见度降至 20m 时的疏散漫游,此时仅能所见 2 个相邻的疏散指示标志,验证疏散设施布设的合理性和可靠性。

##### ③ 极限能见度情况

烟气温度达到 60℃、CO 浓度 100ppm 和能见度 10m 场景下的疏散漫游。设定人体耐受极限时间 2min,看看能否疏散出去。并提出一个开放性问题的,在极限条件下如何利用现有疏散设施进行疏散。

一次建筑结构参数的设置构成一个工况,能够重复进行实验,不同工况得到的结果不同。

#### 3) 考核模式实验原理

考核模式是进行安全疏散设计参数设置和检验的必要手段,同时系统将会在预设题库内随机抽取题目供学生作答。考核目的在于验证学生疏散设计是否合理,同时检验学生对设计规范的理解,如果疏散时间不达标或疏散时间过长,系统将

给予提示，学生可在规定时间内重新修改并再次验证。最后，系统将基于疏散设计、疏散时间、试错次数、答题情况等多个因素进行综合评判，并给出最终成绩。

### 知识点：共 8 个

1. 建筑耐火等级的确定及其对建筑安全疏散设计的影响；
2. 疏散设施的不同功能及其参数设置
3. 疏散安全分区的定义及其对建筑安全疏散设计的影响；
4. 不同耐火等级和不同楼层疏散宽度的计算及确定；
5. 建筑内疏散距离的要求
6. 应急照明与疏散指示标志的辨识与安装
7. 疏散时的不同能见度的定义及应用
8. 疏散时间的规定及要求

(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）

#### 1) 建筑疏散场景仿真

安全疏散设计采用了实际工程案例来完成高校公共建筑疏散设计训练。该模块构建了高校公共建筑的平面及多角度全景照片的三维场景，支持学生通过虚拟现实的方式对建筑消防安全疏散设施进行学习和辨识。



图 3-4-1 疏散设计实景示意图

#### 2) 疏散设施参数确定仿真

疏散设施包括疏散门、安全出口和疏散走道等的参数设置和位置设置。该过程弥补了学生实体模拟实验中无法按照自己理解进行二次设计的缺憾，让学生体验建筑设计中疏散设施的设计过程，更好地掌握疏散设施设置的具体规定。

#### 3) 应急照明及疏散指示标志灯的设置仿真

应急照明及疏散指示标志灯在安全疏散过程有重要的意义，极大地影响了人们逃生时的路径选择。在真实场景的疏散实验中，建筑的应急照明和疏散指示标志灯等设施是不便于按照学生意愿任意选择安装位置的，而在仿真实验中弥补了此缺憾，让学生体验这些设施的安装的过程，有助于更好的掌握其安装参数规定。

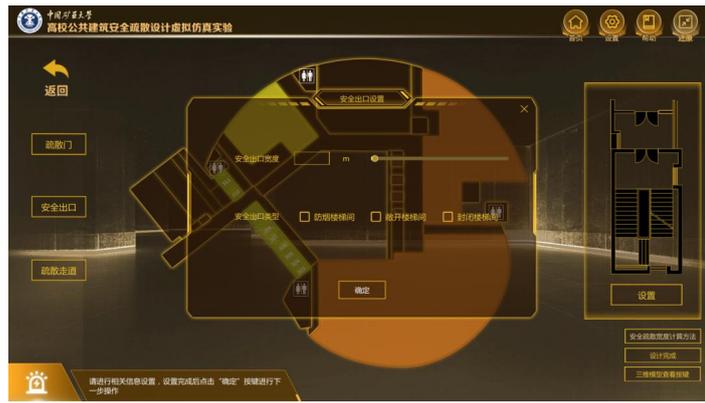


图 3-4-2 楼梯设置界面



图 3-4-3 应急照明及疏散指示标志灯的设置界面

#### 4) 安全疏散模拟

该模块通过仿真计算对安全疏散设计结果进行模拟运行，从而评估学生的设计是否合理。

设计成果的验证需要面向两种疏散设计方案：① 场景合理性判断。② 不同着火点和能见度情况下的疏散漫游。



图 3-4-4 仿真模拟软件第三视角下的疏散截图

### 3-5 实验教学过程与实验方法

#### 3-5-1 实验教学过程

本实验共 2 学时，实验教学具体过程如下：

在完成课程教学基础理论课后，向学生布置实验任务并发放实验相关资料，学生通过教材、慕课、实验指导书等资源自主学习相关理论，针对实验内容进行自主学习和准备。

课上，老师向学生讲解实验原理、实验目的、操作步骤等基本内容，解答学生的疑问，并引导学生展开实验。

接下来学生进行虚拟仿真实验，实验大体分为安全疏散设计、安全疏散模拟、和练习题考核，学生需完成实验操作的所有步骤。在实验过程中，学生需要发现自己所作的疏散设计中存在的问题，并能够予以改进和解决。在完成所有操作后，评价实验结果，汇总考核成绩，实验教学过程流程图如图 3-5-1 所示。

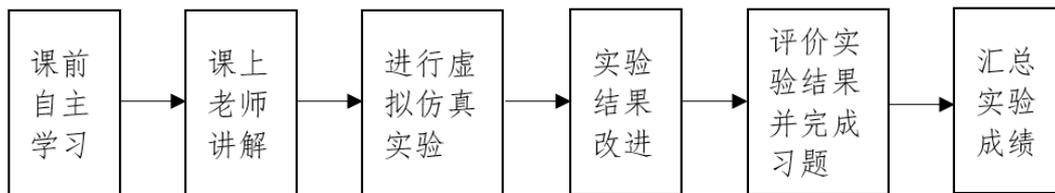


图 3-5-1 实验教学过程流程图

##### (1) 课前自主学习

在进行安全疏散设计实验课程前，学生需要学习相关的理论知识。本虚拟仿真实验项目提供实验指导书，包含实验目的、要探究的问题、基本原理、实验方法、疏散设计操作步骤、注意事项等。学生在进行实验前先进行自主学习，掌握关于建筑属性、疏散走道宽度、疏散路径设计、消防设施摆放等技术规范的要求，并能够在设计中应用。

##### (2) 课上老师讲解（0.5 小时）

根据学生课前自主学习情况和本实验的要求，老师从安全疏散设计需要出发，针对实验设计中的理论与技术问题，引导学生进行沟通交流。在此基础上，使学生掌握实验方法和操作步骤。

##### (3) 进行虚拟仿真实验（1.2 小时）

按照确定的实验方法和步骤，进行线上虚拟仿真实验。为充分调动学生自主性，学生在给定的框架内，根据自己的理解建立疏散场景，并运用相关的技术规范进行安全疏散设计。然后系统根据内置的评价规则验证设计的合理性，若设计不合理，学生可退回到相应步骤进行更改。

在完成疏散设计后，根据要求完成三种条件下的疏散模拟。在实验时学生可

以设计多种工况模拟得到多个结果,设计过程中的结果不会影响最终的实验成绩,系统仅汇总最终的实验结果。

#### **(4)评价与练习 (0.2 小时)**

汇总学生在实验操作中的关键数据,并根据内置的评价标准对设计进行评价。完成安全疏散设计后,系统给出了练习题考核,在完成疏散设计的基础上,通过做题的方式达到巩固知识的目的。

#### **(5)汇总实验成绩 (0.1 小时)**

对学生实验设计和习题完成情况进行汇总,给出最终的综合成绩。

### **3-5-2 实验方法**

本项目综合了建筑属性设置、疏散设计、逃生路径设计、消防设施摆放、人员设置和能见度设置等步骤,采用实验方法。

① 学生通过仿真系统学习建筑属性的设计规范,然后依据规范完成安全疏散设计。建筑属性包括建筑高度、耐火等级、使用功能、防火分区等相关参数设置,并在标准层视图中设定建筑内分隔类型(办公、宿舍)。

② 学生根据百人疏散宽度相关计算指标,计算疏散门、安全出口、疏散走道的关键参数,完成疏散设计。

③ 在疏散设计的基础上,选取逃生路径,计算出设计的疏散路径长度,系统界面给予显示,若不符合公共建筑的最大安全疏散距离,学生可返回重新设计疏散路径。

④ 学生依据相关规范,应在不同的防火分区内布设应急照明灯和疏散指示标志,完成消防设施布设。

在完成安全疏散设计后,通过模拟运行检验学生所做疏散设计工况的每百人疏散宽度、疏散距离、应急照明与疏散指示标志的安装合理性,如果不合理学生可返回修改设计参数。

完成检验后,学生需要在界面设置疏散人数、疏散区域、不同着火区域和能见度(正常、最小、极限)等相关参数。而后开始仿真模拟不同工况组合下的疏散场景,并以第一人称视角漫游整个疏散过程,在疏散过程中检验应急照明和疏散指示设置布设是否合理,汇总各工况完成疏散的时间。

系统将学生设定的相关参数进行汇总判定,若疏散结果不成功或疏散时间未达预期,学生可在规定时间内对设计重新修改优化。学生在提交最终疏散设计版本后,需对系统预设试题进行作答,并进行提交考试内容。最后给出综合成绩。

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 15 步**

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	完成建筑属性设置	3 分钟	设置建筑高度、耐火等级、使用功能、防火分区。 根据房间功能，设置建筑分隔的类型。	5	<input checked="" type="checkbox"/> 操作成绩 <input type="checkbox"/> 实验报告 <input type="checkbox"/> 预习成绩 <input type="checkbox"/> 教师评价报告
2	疏散设计设置	5 分钟	安全出口数量、疏散门开启方向错误一项扣 2 分	10	
3	确定逃生路径和距离	5 分钟	选取逃生路径并计算路径距离。	10	
4	设置应急照明及疏散指示标志灯	5 分钟	安装位置、相邻距离等安装错误一项扣 2 分	10	
5	人员设置	2 分钟	设置人员的出现区域、数量。	5	
6	能见度设置	2 分钟	设置场景的能见度，并设置着火区域。	5	
7	输入步骤 1~5 中设置的结构与疏散设施设置参数	3 分钟	表格汇总步骤 1~5 中设置的参数。如需修改则退回相应的步骤进行修改。	5	
8	疏散宽度合理性判定	3-5 分钟	表格汇总各出口及疏散走道的宽度，计算错误一项扣 2 分。	5	
9	疏散距离合理性判定	3-5 分钟	测量路径错误扣 5 分、疏散距离超标一项扣 2 分	10	
10	应急照明灯和疏散指示标志合理性判定	3-5 分钟	系统根据规则判定： a.所有应急照明灯和疏散指示灯安装是否正确； b.根据学生所选择单盏应急照明灯的亮度计算疏散走道中线处的亮度是否满足要求。	5	
11	正常能见度情况下疏散漫游	3 分钟	以第一人称视角漫游整个疏散过程，以人员数量和疏散宽度修正运动速度、展示疏散的瓶颈。（需要 3D 动画表现出来）	5	
12	最小安全能见度情况下疏散漫游	3 分钟	烟气层下降至 2.0m 安全高度以下后，疏散走道的能见度降至 20m 时的疏散漫游，此时仅能所见 2 个相邻的疏散指示标志，验证疏散设施布置的合理性和可靠性。	5	
13	极限条件下疏散漫游	3 分钟	烟气温度达到 60℃、CO 浓度 100ppm 和能见度 10m 场景下的疏散漫游。设定人体耐受极限时间	5	

			2min, 看看能否疏散出去。并提出一个开放性问题, 在极限条件下如何利用现有疏散设施进行疏散?	
14	列表汇总疏散时间	2 分钟	第三种工况疏散失败扣 2 分、第二种失败扣 3 分。	5
15	疏散设计结果评价	10 分钟	列表输入步骤 8、9、10 和 15 的汇总参数。根据判定准则验证考核模块预设的参数, 给出安全疏散设计评价。随机从题库中抽取相关的习题进行规范考核, 最后给出综合成绩。	10

## (2) 交互性步骤详细说明

该实验教学项目共计 2 个实验学时, 其中课上老师讲解 0.5 学时, 进行虚拟仿真实验 1.2 学时, 评价与练习 0.2 学时, 汇总实验成绩 0.1 小时。通过虚拟仿真技术, 完成整个疏散设计, 使学生真实感受疏散过程。

实验项目操作流程如图 3-6-1 所示。

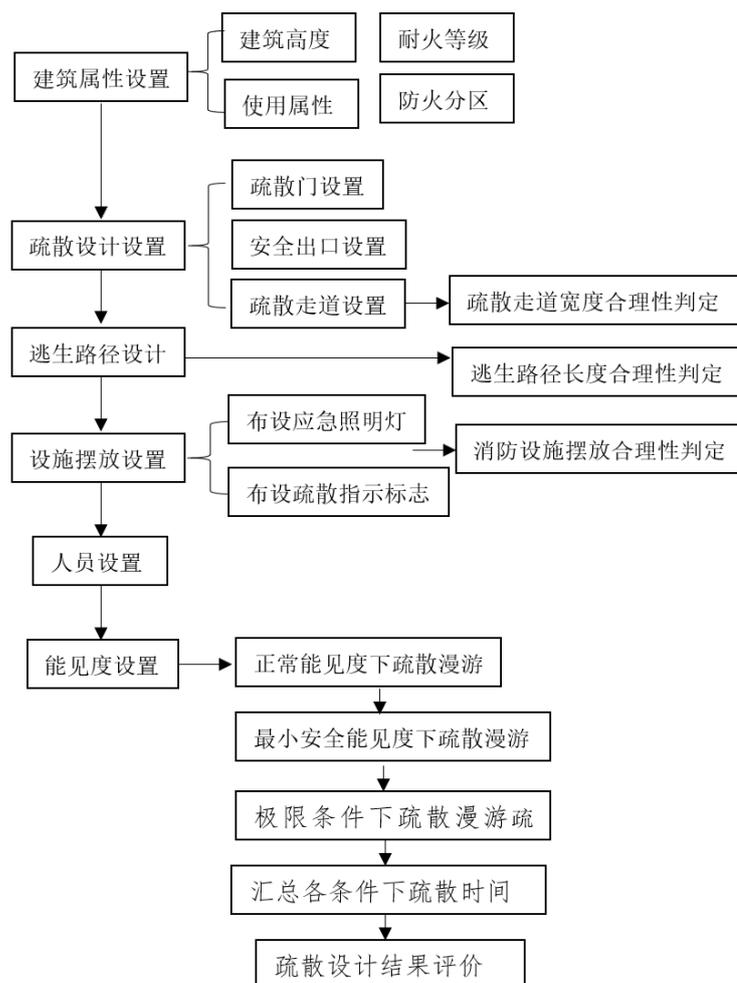


图 3-6-1 实验项目操作流程

### 步骤 1：建筑属性设置

本实验步骤目的是在仿真系统内通过对建筑属性的一系列设置，完成疏散设计必要的步骤，使学生掌握关于建筑属性设置的相关规范。

本实验步骤操作过程：点击建筑属性选项，进入建筑属性设置界面，建筑属性包含建筑高度、耐火等级、使用属性、防火分区选项，学生需要依次设置相应的参数，在设置界面右侧区域给出了建筑属性设计规范供学生学习和参考。建筑属性设置如图 3-6-2。根据房间功能，在标准层视图设置建筑分隔的类型。

本实验步骤操作结果：本步骤学生根据相应技术规范，完成建筑属性的设计。



图 3-6-2 建筑属性设计界面

### 步骤 2：疏散设计设置

本实验步骤目的是通过疏散设计，让学生掌握关于疏散设计的方法和规范，通过仿真系统生动形象的体会疏散设计的过程，并能够运用学到的知识解决设计中的问题。

本实验步骤操作过程：点击疏散设计选项，进入疏散设计界面。疏散设计包含疏散门、安全出口和疏散走道三个部分，学生需要依次对每一部分的参数进行设置。

(1) 疏散门的设置：点击疏散门按钮，疏散门的设置界面如图 3-6-3 所示，在操作界面出现参数设置框，可设置门的类型、开启方向和宽度，输入完成后点击确定，将门设置在合适的位置。

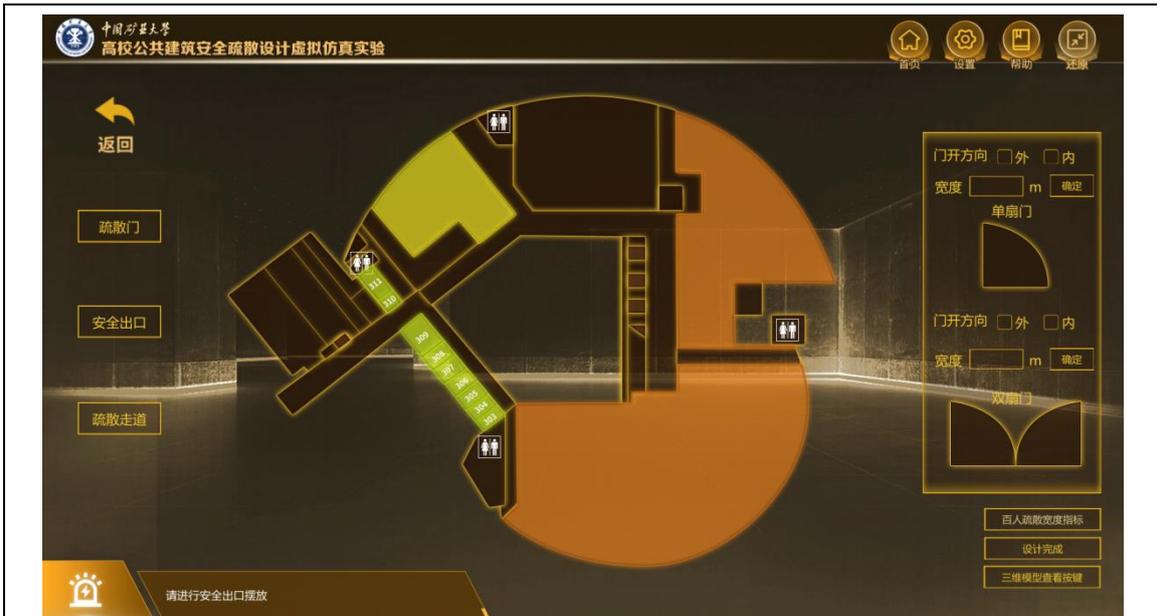


图 3-6-3 疏散门设置界面

### (2) 安全出口的设置

点击安全出口选项，进入安全出口设置界面，如图 3-6-4 所示。在操作界面出现参数输入框，学生需要根据技术规范计算安全出口宽度，并将计算值输入到安全出口宽度设置框。选择安全出口的类型。参数设置完成后，点击设计完成按钮保存关于安全出口的设计。

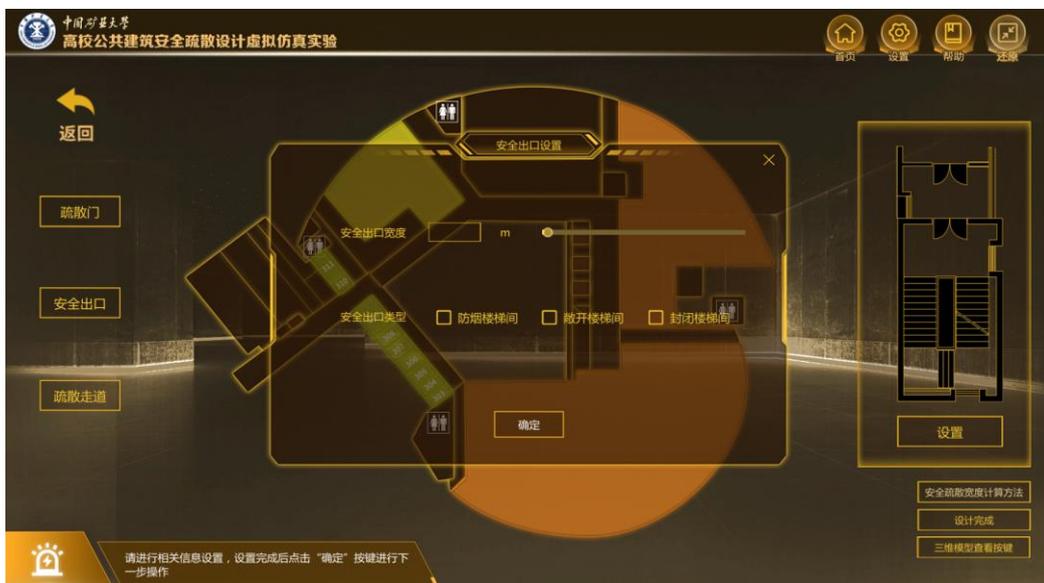


图 3-6-4 安全出口设置界面

### (3) 疏散走道的设置

点击疏散走道选项，进入疏散走道设置界面，如图 3-6-5 所示。首先需要确定疏散走道的位置，然后在参数设置框内输入走廊宽度。点击确定可完成一次疏

散走道的设置，完成所有的疏散走道设计后，点击设计完成按钮，完成此项目的设计。

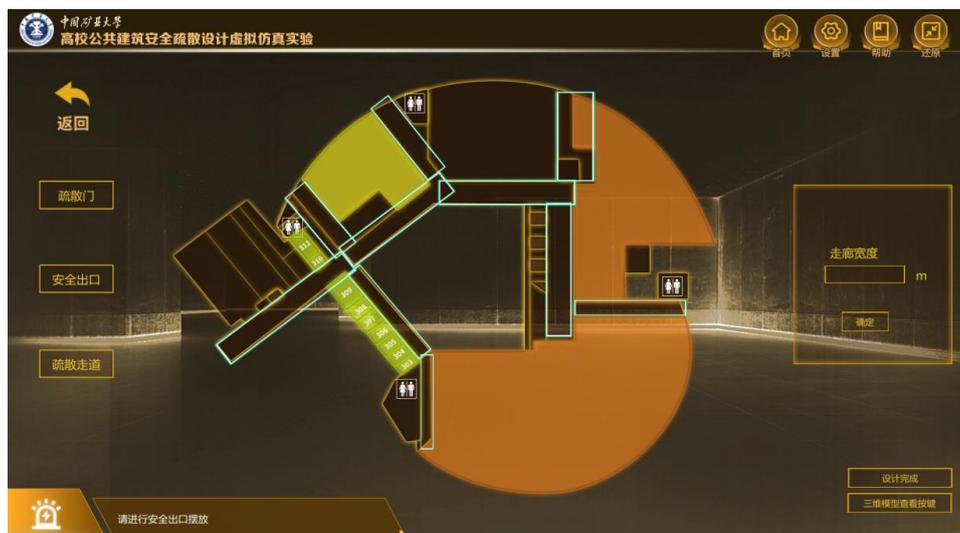


图 3-6-5 疏散走道设置界面

本实验步骤操作结果：完成疏散设计这一步骤所有参数的设置。然后完成三个疏散设施的相关参数设置，如图 3-6-6 所示。

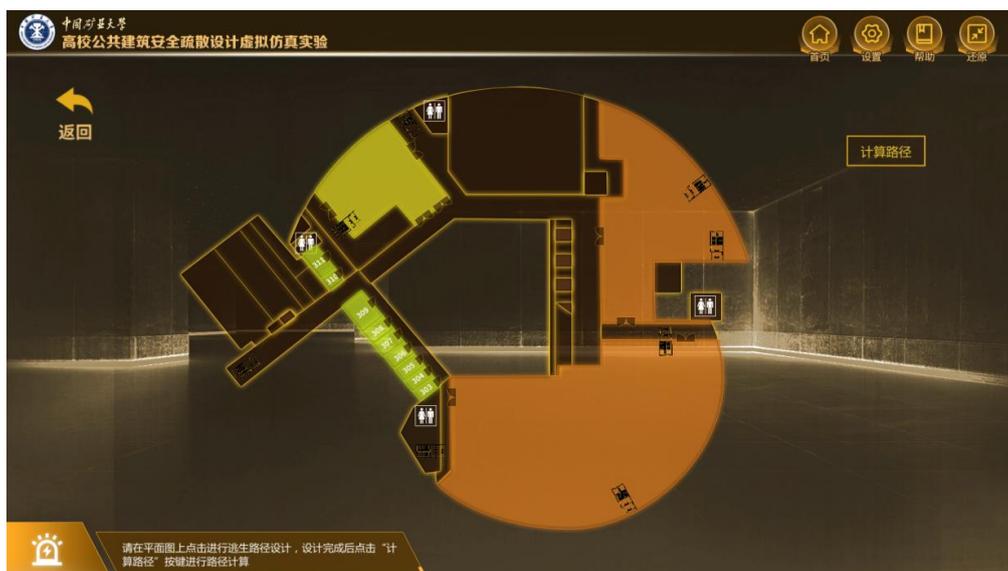


图 3-6-6 直通室外的安全出口设置界面

### 步骤 3：逃生路径设计

本实验步骤目的是基于上一步骤疏散设计，选取逃生路径。使学生掌握逃生路径设计的相关知识，并计算选取的逃生路径距离，计算结果用于考核评价疏散设计的合理性。

本实验步骤操作过程：点击逃生路径选项，进入逃生路径设置界面，学生在此界面选取相应的疏散走道作为逃生路径，然后点击计算路径，系统将实时显示所选取逃生路径距离，如图 3-6-7。

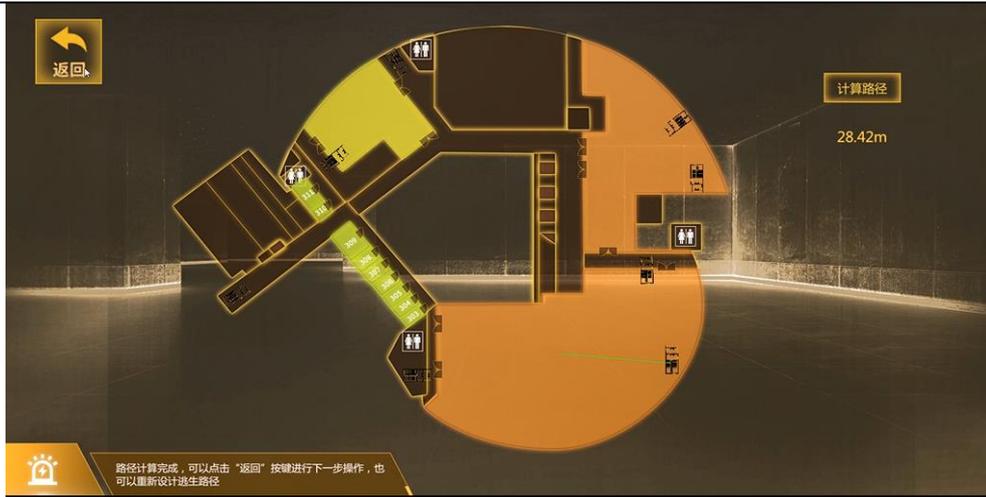


图 3-6-7 逃生路径计算界面

本实验步骤操作结果：完成逃生路径的选取，并计算出逃生路径距离。

#### 步骤 4：设施摆放设置

本实验步骤目的是完成消防设施摆放，使学生掌握应急照明及疏散指示标志摆放的技术要求。

本实验步骤操作过程：点击设施摆放按钮，出现消防设施选择框，如图 3-6-8 所示，点击要摆放的安全设施，然后点击开始布置按钮，在 3D 状态下，拖动应急照明灯或疏散指示标志，通过拖动鼠标来移动设施的位置，松开鼠标后将该器件安装在竖向墙体的某一位置。

本实验步骤操作结果：完成应急照明和疏散指示标志的安放。

注意事项：在完成此步骤时，消防设施应满足规范要求。



图 3-6-8 应急照明及疏散指示标志灯的设置界面

说明：首先拖动各构筑物进行位置的确定，然后进行各个参数的设定。每个参数可以设置一个滑块，拖动滑块选择相应的数值。

#### 步骤 5：人员设置

本实验步骤目的是设置疏散场景中的人员参数。包括人数，所在楼层和区域，移动速度参数。

本实验步骤操作过程：点击人员选项，进入人员相关参数设置界面，如图所示。在设置界面有人员相关参数设置框，依次输入人数，所在楼层，选择区域，完成这些参数设置后点击确定。系统将自动修正运动速度并予以显示，设置界面如图 3-6-9 所示。



图 3-6-9 人员设置界面

本实验步骤操作结果：完成疏散场景中人员参数的设置。

#### 步骤 6：能见度设置

本实验步骤目的是完成疏散场景的能见度设置，确定着火点的位置。考虑火灾的影响，合理的选择能见度的大小。

本实验步骤操作过程：点击能见度按钮，进入能见度相关参数设置界面。设置仿真模拟场景的能见度情况，并设置着火区域，如图 3-6-10。

本实验步骤操作结果：选取能见度并确定着火点的位置。

#### 步骤 7：疏散设计参数汇总

本实验步骤目的是汇总实验步骤 1、2、5、6 中的参数，用于后面考核。



图 3-6-10 能见度设置界面

本实验步骤操作过程：出现表格，汇总前面步实验骤输入的相关参数，如图 3-6-11 所示，包括建筑高度、耐火等级、疏散门宽度、人员数量和人员区域、运动速度、能见度和着火点。如需修改则退回相应的设置界面进行修改。

本实验步骤操作结果：汇总得到实验步骤 1、2、5、6 中的参数。

步骤 8：疏散走道的宽度合理性判定

本实验步骤目的是判断学生在疏散设计过程中设置的疏散走道宽度合理性。并使学生掌握疏散走道合理宽度计算方法。

本实验步骤操作过程，学生在表格中输入自己计算的各出口及疏散走道的宽度参数，系统将根据内置的疏散宽度计算规则判断输入的参数是否正确。

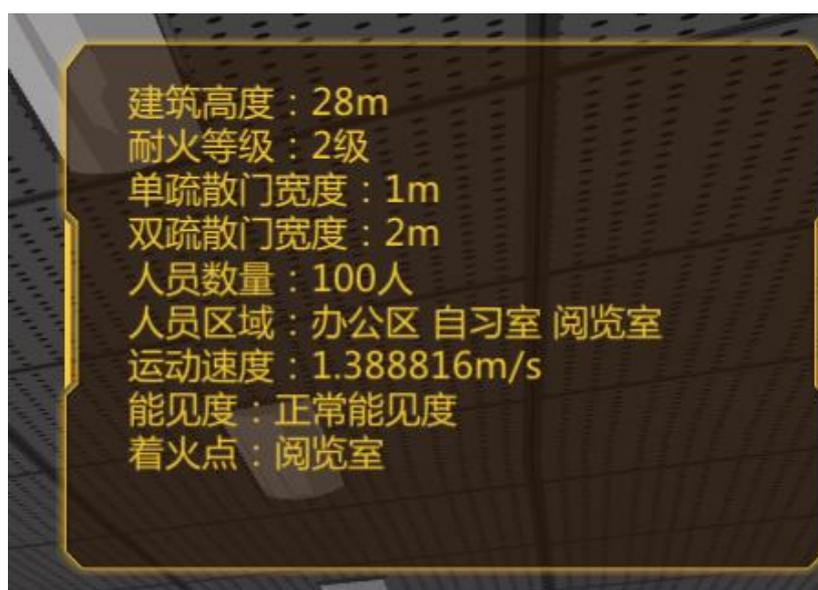


图 3-6-11 疏散设计相关参数汇总表

疏散人数选取原则：

(1) 每层的房间疏散门、安全出口、疏散走道的各自总净宽度，应根据本楼层的疏散人数计算确定。

(2) 当每层疏散人数不等时，疏散楼梯的总净宽度可分层计算：地上建筑内下层楼梯的总净宽度应按该层及以上疏散人数多一层的人数计算。

(3) 首层外门的总净宽度应按该建筑疏散人数多一层的人数计算确定，不供其他楼层人员疏散的外门，可按本层的疏散人数计算确定。

人员密集的观众厅内每个疏散出口平均通过人数不应超过 250 人。

步骤 9：学生所选逃生路径的长度合理性判定

本实验步骤目的是判定学生所设计的逃生路径距离的合理性。使学生掌握疏散距离相关规定和疏散距离计算方法。

本实验步骤操作过程是系统根据内置的疏散距离计算规则判定：

- a. 学生所计算隔间是否为疏散最不利位置；
- b. 疏散路径的选取是否正确。

系统内置的疏散距离计算方法见下面说明。

疏散距离计算方法：

疏散距离均为行走直线距离，当计算室内最远点至最近疏散门（或安全出口）的直线距离时，通常不考虑设备、家具及办公桌椅等障碍物的影响，但对于室内隔间（即使隔间不到顶）的情况，需要考虑墙体遮挡的影响，要按其中的折线距离计算。

如图 3-6-12 所示，B 点至安全出口的疏散距离为  $(b_1+b_2)$ ，A 点至安全出口的直线距离包括 A 点至疏散门的直线距离  $(a_1+a_2)$  和疏散门到安全出口的直线距离  $(L_1+L_2)$ 。

步骤 10：消防设施摆放合理性判定

本实验步骤目的是判定学生在步骤 4 所作的消防设施布置的合理性。使学生掌握应急照明灯与疏散指示标志的相关安装要求。

应急照明灯的安装要求：

疏散照明灯具应设置在出口的顶部、墙面的上部或顶棚上；

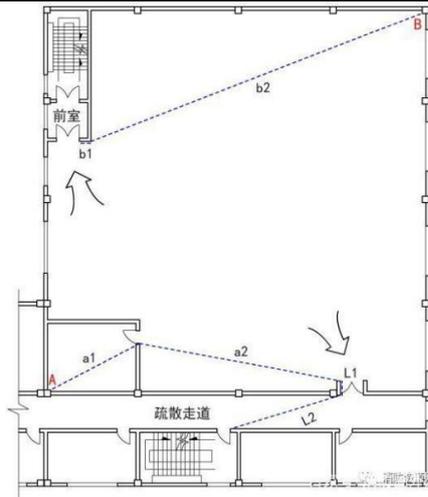


图 3-6-12 疏散距离计算示意图

应急疏散指示标志，并应符合下列规定：

- a. 设置在安全出口和人员密集的场所的疏散门的正上方；
- b. 设置在疏散走道及其转角处距地面高度 1.0 m 以下的墙面或地面上。灯光疏散指示标志的间距不应大于 20 m；对于袋形走道，不应大于 10 m；在走道转角区，不应大于 1.0 m。

根据上述规则判定：

- a. 所有应急照明灯和疏散指示灯安装是否正确；
- b. 根据学生所选择单盏应急照明灯的亮度计算疏散走道中线处的亮度是否满足要求。

#### 步骤 11：正常能见度情况下疏散漫游

本实验步骤目的是在正常能见度条件下，对所作的疏散设计进行仿真运行，观察此条件下的整个疏散过程，得到疏散时间，展示疏散中的问题。

本实验步骤操作过程：点击第一视角，点击开始疏散，系统开始进行事故疏散模拟，此时烟气层高于 2.0 m 的正常能见度情况下，以第一人称视角漫游整个疏散过程（如图 3-6-13 所示），最终以人员数量和疏散宽度修正运动速度、展示疏散的瓶颈。（需要 3D 动画表现出来）

本实验步骤的结果是完成该能见度条件下的疏散，得到疏散时间，展示疏散中的问题。

#### 步骤 12：最小安全能见度情况下疏散漫游

本实验步骤目的是在最小安全能见度条件下，对所作的疏散设计进行仿真运

行，观察此条件下的整个疏散过程，验证疏散设施布设得合理性和可靠性。

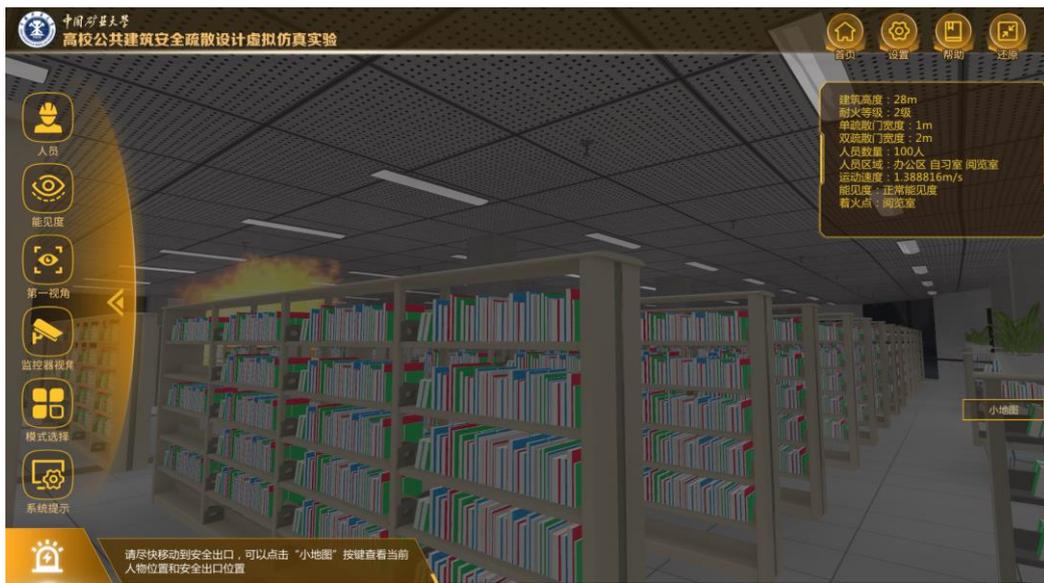


图 3-6-13 正常能见度情况下疏散漫游

本实验步骤操作过程：烟气层下降至 2.0 m 安全高度以下后，疏散走道的能见度降至 20 m 时的疏散漫游（如图 3-6-14 所示），此时仅能所见 2 个相邻的疏散指示标志。

本实验步骤的结果是完成该能见度条件下的疏散，得到疏散时间，验证疏散设施布设得合理性和可靠性。

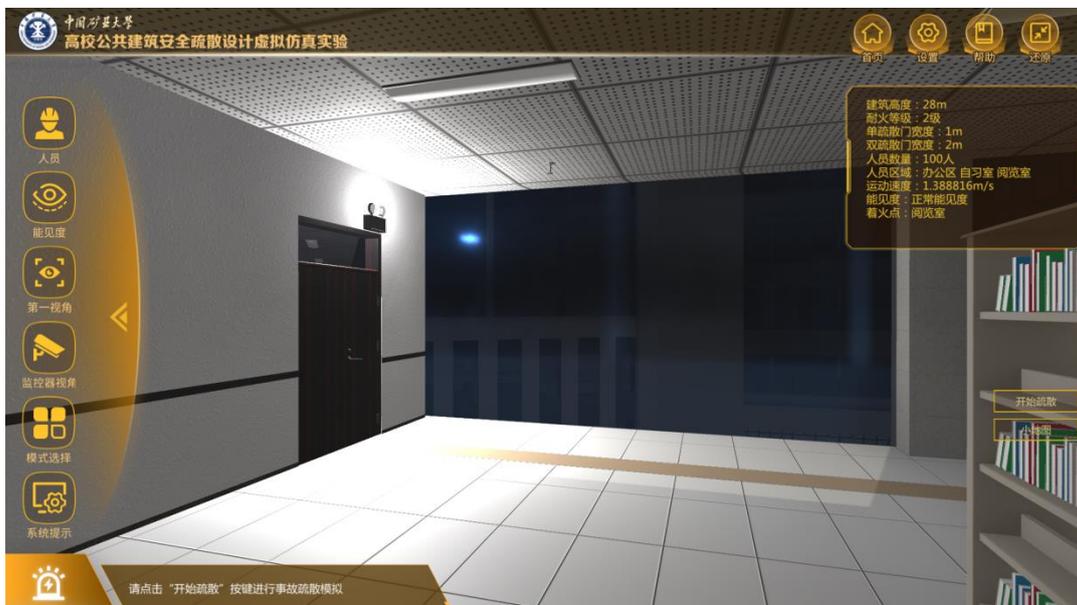


图 3-6-14 最小安全能见度情况下疏散漫游

### 步骤 13：极限条件下疏散漫游

本实验步骤目的是在极限条件下，对所作的疏散设计进行仿真运行，观察此

条件下的整个疏散过程，验证能在允许时间内完成疏散。

本实验步骤操作过程：烟气温度达到 60℃、CO 浓度 100ppm 和能见度 10m 场景下的疏散漫游（如图 3-6-15 所示）。设定人体耐受极限时间 2min，看看能否疏散出去。并提出一个开放性问题的，在极限条件下如何利用现有疏散设施进行疏散？



图 3-6-15 极限条件下疏散漫游

本实验步骤的结果是完成该条件下的疏散，验证是否能完成疏散。

#### 步骤 14：汇总疏散时间

本实验步骤目的是汇总上述几种情况下的疏散总时间，作为疏散设计合理性的判据。

本实验步骤操作过程：如图 3-6-16 所示，疏散完毕后会给出疏散所用时间。若不满意某一时间，则可退回对应场景进行重复疏散实验。一次建筑结构参数的设置构成一个工况，能够重复进行实验，不同工况得到的结果不同。

本实验步骤的结果是汇总三种条件下疏散完毕得到时间，将最终结果作为疏散设计合理性的判据。

#### 步骤 15：疏散设计结果评价

本实验步骤目的是对学生所作得疏散设计进行评价，并给出练习题库供学生完成。通过这一步骤完成对实验操作的评价。



图 3-6-16 疏散时间汇总表

本实验步骤操作过程：列表输出步骤 7、8、9、10 和 14 的汇总参数。系统根据判定准则验证预设的参数，完成安全疏散设计评价。随机从题库中抽取相关的习题进行规范考核，如图 3-6-17 所示。

本实验步骤结果是对疏散设计参数进行评价，最后给出综合成绩。



图 3-6-17 规范试题考试界面

### 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）

(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：

学生完成本实验项目的3个功能模块的内容，前2个部分均记录实验结果，并有明确的结论要求。第3部分需要学生写自己对于整个实验过程的理解以及体会。

第一部分为安全疏散设计，学生完成设计后，形成的疏散系统位置布局将作为实验结果，其结论要求为：疏散宽度、疏散距离、应急照明与疏散指示标志的安装符合规范的相关规定。

第二部分为安全疏散模拟，学生进行仿真模拟，疏散结果不成功或疏散结果未达到预期，则需要在规定时间内整改优化设计参数，直到疏散结果较为理想，并将疏散人数、疏散时间等记录作为实验结果，其结论要求为：执行评价标准按照行业最新相关国标，如《建筑设计防火规范》GB 50016—2014（2018年版）。

第三部分为考核模式，该模块采用“设计评价+规范考试”双重标进行考核。完成设计后，系统会在预设题库内随机抽取相关题目进行考核。最后系统将根据疏散布设、疏散时长、试错次数、答题情况等多个维度进行综合评分并给出最终成绩。在这一部分，学生可结合自身的设计情况，进行实验的反馈及回顾。



图 3-7-1 疏散模拟完毕后的结果显示页面

### 3-8 面向学生要求

#### (1) 专业与年级要求

本实验项目主要面向高等院校消防工程、安全工程专业大三或大四学生，涉及专业课程主要包括：建筑防火工程、建筑防火设计等。同时可用于高职高专院

校师生以及国内从事公共建筑消防安全疏散设计人员的专业能力培训。

## (2) 基本知识和能力要求

基本知识:

完成《建筑防火工程》、《消防工程专业实验(1)》等课程的基础知识的学习。

能力要求:

1) 通过虚拟仿真系统给定的建筑,给出安全疏散设计方案。依据中国矿业大学图书馆建筑的实际条件、系统内设的消防设施、相关技术规范,由学生完成建筑安全疏散设计。

2) 掌握疏散设施的设置要求。学会应用相关技术规范计算疏散宽度、疏散距离,应急照明灯和疏散指示标志的安装布设。学会使用虚拟仿真系统完成建筑疏散安全设计,并能够理解本实验局限性。

## 3-9 实验应用及共享情况

(1) 本校上线时间: 2019年9月1日 (上传系统日志)

(2) 已服务过的学生人数: 本校 109人, 外校 207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: 消防工程,

教学周期: 8周、32课时, 学习人数: 109人

(4) 是否面向社会提供服务: ●是 ○否

(5) 社会开放时间: 2020年9月1日

(6) 已服务过的社会学习者人数: 54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) 实验设计

通过虚拟仿真技术, 在现了高校公共建筑安全疏散的真实场景, 还原了高校公共建筑安全疏散设施和应急与疏散设施的设置情况, 重点展示了安全疏散出口、

疏散走道、疏散门、应急照明与疏散指示标志等，实现了对安全疏散设计的建模仿真。学习者通过该项目，不仅对高校公共安全建筑的安全疏散有直观全面的理解，而且能够熟练掌握安全疏散相关设备的设计。

### (2) 教学方法

面向网络环境下成长的新一代学生，实验项目提出了基于工程设计任务驱动的自主探究实验教学方式，指导老师以学生为中心，在给定工程背景下，由学生自主或分组协作，制定设计方案和选定关键技术参数，通过软件仿真对设计方案进行检验，完成实验任务。指导老师在整个实验过程中采用图片、三维场景、视频音频结合、交互式操作等多种方式提升学习效果，调动学生的积极性，启发学生的创新意识。同时通过线上仿真与线下现场实习虚实结合的教学方式，让学生直观感受高校公共建筑安全疏散的场景，充分发掘学生的创造潜能，培养学生工程实践能力。

### (3) 评价体系

实验项目能够对参加实验学生的全过程进行记录，依据实验项目中安全疏散设施设备认知、疏散参数设计、运行仿真和安全疏散试验这四个具有循序渐进的模块完成情况，建立基于过程的评价体系，对学生的预习效果、实验步骤以及实验成绩进行公正的评价。同时平台建立完善的反馈机制，对参加实验学生各方面的建议、评价和反馈信息，进行全面系统的统计分析，为指导教师改进和完善实验提供参考，提高教学效果。

## 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) 7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)

- 基于公有云服务器部署的系统, 5M-10M 带宽
- 基于局域网服务器部署的系统, 10M-50M 带宽

(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 个学生同时在线并发访问和请求, 如果单个实验被占用, 则提示后面进行在线等待, 等待前面一个预约实验结束后, 进入下一个预约队列, 如图 6-1-1 所示。

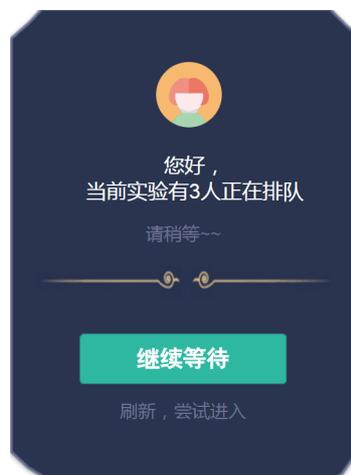


图 6-1-1 队列等待

### 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

客户端操作系统: Windows7 及以上。

(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

### 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: UnityWebPlayer

插件容量：1M

下载链接：<https://unity3d.com/cn/webplayer>

(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）

- IE 自带 IE8.0 及以上（推荐使用 360 浏览器极速模式）
- UnityWebPlayer 5.3.6 插件，提供下载

#### 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

表 6-4-1 计算机硬件配置要求表

软件配置需求（最低）	软件配置需求（推荐）
操作系统：Windows 2000 以上 浏览器：IE6.0 以上	操作系统：Win7 及以上 浏览器：谷歌、火狐浏览器
配件配置需求（最低）	配件配置需求（推荐）
处理器：Intel 2GHz 及以上 内存：2GB 及以上 硬盘空间：40G 显卡：分辨率 1024x768 像素及以上 网络：1000Mbps 以太网卡 显示器：14 英寸以上 网速：1M 以上	处理器：Intel 2.2GHz 内存：2GB 硬盘空间：80G 显卡：分辨率 1280x1024 网络：1000Mbps 以太网卡 显示器：14 英寸以上 网速：2M

(2) 其他计算终端硬件配置要求  
无

#### 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



## 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	<p>高校公共建筑安全疏散设计虚拟仿真实验项目的开放运行依托于开放式虚拟仿真实验教学管理平台的支撑，二者通过数据接口无缝对接，保证用户能够随时随地的通过浏览器访问该项目，并通过平台提供的面向用户的智能指导、自动批改服务等功能，尽可能帮助用户实现自主地实验，提高实验项目的开放服务能力，提升开放服务效果。</p> <p>开放式虚拟仿真实验教学管理平台以计算机仿真技术、多媒体技术和网络技术为依托，采用面向服务的软件架构开发，集实物仿真、创新设计、智能指导、虚拟实验结果自动批改和教学管理于一体，是具有良好的自主性、交互性和可扩展性的虚拟实验教学平台。</p> <p>总体架构如图 7-1 所示：</p>



图 7-1 系统总体架构图

如图 7-1 所示，支撑项目运行的平台及项目运行的架构共分为五层，每一层都为其上层提供服务，直到完成具体虚拟实验教学环境的构建。下面将按照从下至上的顺序分别阐述各层的具体功能。

### (1) 数据层

高校公共建筑安全疏散设计虚拟仿真实验项目涉及到多种类型虚拟实验组件及数据，这里分别设置虚拟实验的基础元件库、实验课程库、典型实验库、标准答案库、规则库、实验数据、用户信息等来实现对相应数据的存放和管理。

### (2) 支撑层

支撑层是虚拟仿真实验教学与开放共享平台的核心框架，是实验项目正常开放运行的基础，负责整个基础系统的运行、维护和管理。支撑平台包括以下几个功能子系统：安全管理、服务容器、数据管理、资源管理与监控、域管理、域间信息服务等。

### (3) 通用服务层

通用服务层即开放式虚拟仿真实验教学管理平台，提供虚拟实验教学环境的一些通用支持组件，以使用户能够快速在虚拟实

		<p>验环境完成虚拟仿真实验。通用服务包括：实验教务管理、实验教学管理、理论知识学习、实验资源管理、互动交流、实验报告管理、教学效果评、项目开放与共等，同时提供相应集成接口工具，以便该平台能够方便集成第三方的虚拟实验软件进入统一管理。</p> <p><b>(4) 仿真层</b></p> <p>仿真层主要针对该项目进行相应的器材建模、实验场景构建、虚拟仪器开发、提供通用的仿真器，最后为上层提供实验结果数据的格式化输出。</p> <p><b>(5) 应用层</b></p> <p>基于底层的服，最终高校公共建筑安全疏散设计虚拟仿真实验项目教学与开放共享。该框架的应用层具有良好的扩展性，实验教师可根据教学需要，利用服务层提供的各种工具和仿真层提供的相应的器材模型，设计各种典型实验实例，最后面向学校开展实验教学应用。</p>
实验 教学	开发 技术	<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 <input type="checkbox"/> 其他
	开发 工具	<input checked="" type="checkbox"/> Unity3D <input checked="" type="checkbox"/> 3D Studio Max <input 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 type="checkbox"/> Visual Studio <input type="checkbox"/> 其他

运行环境	<b>服务器</b> CPU 2 核、内存 4 GB、磁盘 200 GB、 显存 4 GB、GPU 型号 <u>虚拟服务器</u> <b>操作系统</b> <input checked="" type="checkbox"/> Windows Server <input type="checkbox"/> Linux <input type="checkbox"/> 其他 具体版本： <b>数据库</b> <input checked="" type="checkbox"/> Mysql <input type="checkbox"/> SQL Server <input type="checkbox"/> Oracle <input type="checkbox"/> 其他 <b>备注说明</b> （需要其他硬件设备或服务器数量多于 1 台时请说明） <b>是否支持云渲染：</b> ●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）

## 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	优化仿真实验操作过程，增加交互环节
第二年	不断提高网络连接速度和用户体验效果
第三年	丰富高校公共建设工程设计案例资源
第四年	改善软硬件条件
第五年	不断提高网络连接速度和用户体验效果

其他描述：

实验项目将进行持续建设，不断更新、丰富高校公共建设工程设计案例资源，在应用过程中，继续优化仿真实验操作过程，增加交互环节，同时改善软硬件条件（如购置高性能服务器和网络设施等），结合使用者反馈意见，不断提高网络连接速度和用户体验效果。

同时，实验项目将加强实验教学队伍建设，加强教师业务培训，聘请企业兼

职教师，建立激励机制，形成以任课教师、实验指导教师为主，研究生教学助理为辅的在线教学服务团队。

## (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	2	120	1	1000
第二年	4	240	1	2000
第三年	8	480	1	3000
第四年	16	960	1	4000
第五年	8	480	1	2000

其他描述：

### ①面向高校的教学推广应用计划

结合与实验项目密切相关的《建筑防火工程》、《消防工程专业实验（1）》等相关课程，建设在线开放课程，在中国大学慕课“爱课程”等平台上线。利用消防工程教学指导委员会副主任单位的优势，加大与国内外相关高校的交流与协作，更广泛的开展课程推广、实验项目推广、成绩互认和学分转换。面向全国的高校、特别是针对中西部高校相关专业师生和消防行业的企事业技术人员开放。

预计在未来 5 年，面向高校预计服务人数为 2280 人。

### ②面向社会的推广应用计划

a.加强对相关消防技术服务、消防培训服务企业的建设运行与咨询的专业支持，以及对接建筑设计单位、消防工程施工单位，面向设计师、施工员、审图员、评估员以及消防管理员等工程技术与管理人员进行虚拟仿真培训，预计服务人数为 5000 人。

b.推进产学研合作，进一步探索体制机制创新，创建“跨越式共享”机制，吸引更多的企事业单位投入虚拟仿真教学资源建设，丰富虚拟仿真教学资源，建设虚拟仿真教学资源库，预计服务人数 4000 人。

c.通过举办会议、成立论坛、接待参访，与相关单位进行项目建设思路、经验和成果的资源共享，为培养学生的综合创新能力开展服务，预计服务人数 3000 人。

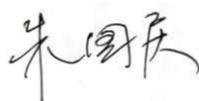
因此，预计在未来 5 年内，面向社会预计服务人数将达到 12000 人。

## 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	高校公共建筑安全疏散虚拟仿真实验软件 V1.0
是否与课程名称一致	<input checked="" type="radio"/> 是 <input type="radio"/> 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，可自行增加著作权人填写栏进行填报。	
著作权人	著作权人类型
中国矿业大学	<input checked="" type="radio"/> 课程所属学校 <input type="radio"/> 企业 <input type="radio"/> 课程负责人 <input type="radio"/> 学校团队成员 <input type="radio"/> 企业人员 <input type="radio"/> 其他
权利范围	全部权利
软件著作权登记号	2020SR1253466
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）：

2021 年 6 月 9 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。）