

# 浙江省“十三五”高校虚拟仿真实验教学

## 项目申报表

学 校 名 称	衢州学院
实 验 教 学 项 目 名 称	混凝土简支梁虚拟仿真实验
所 属 课 程 名 称	结构试验
所 属 专 业 代 码	081001
实 验 教 学 项 目 负 责 人 姓 名	田芳
实 验 教 学 项 目 负 责 人 电 话	13587004503
有 效 链 接 网 址	<a href="http://www.rgzcloud.com/platform/resource/dummycourseinfo?id=25&amp;itemtype=dummy">http://www.rgzcloud.com/platform/resource/dummycourseinfo?id=25&amp;itemtype=dummy</a>

## 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	田芳	性别	女	出生年月	1978.4
学 历	硕士研究生	学位	硕士	电 话	05708026533
专业技 术职务	讲师	行政 职务	无	手 机	13587004503
院 系	建筑工程学院			电子邮箱	tftfkm@163.com
地 址	浙江省衢州市九华北大道 78 号			邮 编	324000
<p>教学研究情况：</p> <p>教学项目：</p> <p>1、基于首要教学原理的结构力学改革，衢州学院项目， 2015.12-2017.12</p> <p>2、土木工程专业培养新范式—创新实践育人团队，衢州学院项目， 2019.11-2021.11</p> <p>教学论文：</p> <p>1、以应用设计为导向的结构力学课程教学改革，山西建筑，2018.3</p>					
<p>学术研究情况：</p> <p>研究课题：</p> <p>1、锂离子电池化学反应-相变-变形耦合、开裂和分层的研究，国家自然科学基金重点项目， 2014.1-2018.12，参与。</p> <p>2、面向大跨度桥梁减震的多重主动调谐质量阻尼器系统动态优化方法，国家自然科学基金青年项目， 2017.1-2019.12，参与。</p> <p>3、非饱和土流变对红黏土边坡稳定性的影响分析与控制研究，省科技厅项目， 2019.1-2021.12，参与。</p> <p>4、浙西非饱和红黏土边坡的破坏防治技术研究，省科技厅项目， 2018.1-2020.12，</p>					

参与。

5、浙江省通村公路水毁科学防治与修复研究（试验部分），衢州市公路局，2014.9-2015.12.31，主持。

学术论文：

1、 Three-dimensional numerical simulation of residual stress of Z-pin composites during curing process[J]. Science of Advanced Materials ,第一作者， 2020 , DOI: 10.1166/sam.2019.3629 （SCI 刊源）

2、 Numerical simulation of the residual stresses in Z-pin unidirectional composites during curing process[J]. Boletin Tecnico/technical Bulletin , 第一作者， 2017,55,35-42 （EI 收录）

3、 Z-pin 复合材料细观模型固化残余应力研究，力学季刊，第一作者， 2019.9,437-446

#### 1-2 实验教学项目教学服务团队情况

##### 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	田芳	衢州学院	讲师	无	总体设计	
2	廖小辉	衢州学院	副教授	副院长	强度设计	
3	陈波	衢州学院	副教授	无	变形设计	
4	金坚强	衢州学院	副教授	无	虚拟仿真设计	
5	毛安雄	衢州学院	实验师	无	实验室安全	

##### 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	王宝峰	衢州学院	讲师	无	虚拟仿真设计	
2	刘勇兵	衢州学院	讲师	无	结构类型设计	
3	邱洪林	衢州学院	高级实验师	无	应变设计	
4	俞鹏	衢州市建设 质量监督站 中心	高级工程师	副经理	测试仪器	
5	刘国祥	衢州市创安 公司	高级工程师	董事长	强度复核	
项目团队总人数： <u>10</u> （人）高校人员数量： <u>8</u> （人）企业人员数量： <u>2</u> （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

混凝土简支梁虚拟仿真实验

### 2-2 实验目的

为了适应土木工程学科的高速发展，满足对工程建设技术人才高素质的要求，为给学生留有更多的自己钻研的时间与空间，在《结构试验》课程中开设《钢筋混凝土简支梁静力试验》独立试验环节，该环节为一设计性、综合性的试验，面对学校土建类学生开放，完全由学生自行设计试验方案、试验构件施工、试验实施以及数据分析处理，达到大纲要求的能力。

为了使能够顺利完成本次试验任务，掌握钢筋混凝土简支梁静力加载试验方法，了解钢筋混凝土受弯构件荷载作用下的工作性能，提高试验技能。

但是混凝土简支梁试验的多种破坏形式的试验设计需要较长的周期，试验过程具有危险性，试验结果具有离散型。为提高混凝土建筑梁试验的有效性和降低危险性，需采用虚拟试验的方式。

本实验项目依托衢州学院建筑工程学院虚拟仿真试验中心进行实验项内容开发及教学工作，实验旨在提高学生在土木综合试验方面的综合素质，着重使学生掌握土木类试验所必备的专业知识和基本技能，认识和熟悉土木综合试验技术的操作和应用，初步形成处理实际问题的能力。培养其分析问题和解决问题的能力，具备继续学习专业技术的能力，在本实验的学习中渗透职业素养等方面的教育，使学生形成认真负责的工作态度和严谨的工作作风，并加强团队合作能力的培养，为后续课程学习和职业生涯的发展奠定基础。

#### 一、 知识教学目标

1. 理解和掌握混凝土应变量测的基本理论知识；
2. 通过上机操作，熟悉智能虚拟仿真软件系统的交互界面；
3. 通过虚拟钢筋混凝土简支梁操作训练，理解钢筋混凝土简支梁超筋、适筋和少筋的力学原理；
4. 掌握钢筋混凝土简支梁的工艺技巧，熟练学会钢筋混凝土简支梁实验的操作顺序；

#### 二、 能力培养目标

1. 获得二钢筋混凝土梁配筋理论知识的运用能力；
2. 掌握混凝土梁应力测量设计能力；
3. 熟悉和掌握试验加载制度和测量数值观测的操作技巧；
4. 获得分析问题和解决问题的能力，培养综合实践能力。

### 三、 思想教育目标

1. 能自觉爱护仪器设备；
2. 立科学、严谨、勤奋的学风；
3. 养成良好的职业道德观念。

### 2-3 实验课时

- (1) 实验所属课程所占课时： 32
- (2) 该实验项目所占课时： 2

### 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）

钢筋混凝土受弯构件是土木结构中最普遍的一种构件，广泛用于各种建筑结构和桥梁结构。掌握钢筋混凝土受弯构件的工作性能，了解其强度、刚度、抗裂性以及各级荷载下的变形和裂缝开展情况，对掌握钢筋混凝土梁构件或结构设计有着重要的现实意义。

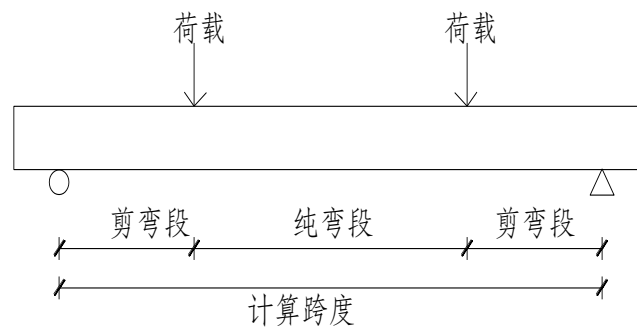


图 1 受弯构件的两点对称加载试验

受弯构件的试验常采用一种荷载情况为两点对称加载（图 1），其特征为两个加载点对称布置在梁跨中点的两边，加载点中间的部分由于没有剪力的存在被称为纯弯段，而支座与加载点之间有弯矩和剪力共同作用的区域被称为剪弯段。在进行两点对称加载的受弯构件加载试验时，可通过剪弯段观察弯矩和剪力共同作用的影响，而纯弯段则可以排除剪力的干扰，了解弯矩作用下截面的

应力、应变分布情况以及验证平截面假定。钢筋混凝土梁的受弯的试验，旨在研究混凝土和钢筋的力学性能以及相互强度、刚度以及面积搭配对钢筋混凝土受弯构件的受力阶段、应变（应力）分布、破坏特征的影响，以及如何在试验研究的基础上建立钢筋混凝土梁的应力分析、强度计算和变形验算方法。

知识点：共 3 个

在虚拟试验中，通过用虚拟钢筋混凝土简支梁两点对称加载试验的全过程，形象生动地向学生展示钢筋混凝土简支受弯构件在荷载作用下的工作性能。同时，软件实时地绘制挠度-荷载曲线、受压区高度-荷载曲线及最大裂缝宽度-荷载曲线以及反映简支梁工作性能的变化规律，力图让学生清楚受弯构件的变形，受压区高度在荷载作用的不同阶段的发展情况。通过挠度的测量能够反映刚度变化的规律，采用混凝土适筋梁、少筋梁和超筋梁，能够模拟出各级加载制度下的变形情况，仿真软件可以给出相应的变形数值。

### 1、变形测量

受弯构件在变形度量有两个基本量：变形和转角。变形是受弯构件横截面形心在垂直与纵轴方向的线位移，转角是横截面对其原来位置的角位移 $\theta$ ，挠度与转角的关系，依据材料力学计算公式如下（1）：

$$\frac{df}{dx} = \tan\theta \approx \theta \quad (1)$$

曲线的曲率公式为（2）：

$$\frac{1}{\rho} = \frac{|f''|}{\left[1 + \left(\frac{df}{dx}\right)^2\right]^{3/2}} = \pm \frac{M}{EI} \quad (2)$$

在小变形情况下，公式为（3）：

$$\frac{d^2 f}{dx^2} = \pm \frac{M}{EI} \quad (3)$$

《混凝土结构设计规范》(GB50010—2002) 中有关变形的计算方法：

受弯构件的变形可以根据结构构件的刚度用结构力学公式计算：

$$f = \beta_t \frac{M_k l_0^2}{B} \quad (4)$$

上式可见， $EI = B$  时为匀质弹性材料梁的抗弯刚度。这样当受弯构件的截面和材料一定时，截面的抗弯刚度也一定，变形与弯矩呈线性关系。

从上面内力分析可见，实际钢筋混凝土受弯构件来说，混凝土只在最初阶段表现为弹性，其应力—应变曲线大部分为非线性，钢筋在达到屈服后其应力—应变曲线也不再为线性，因此钢筋混凝土远远不是一种线弹性材料，具有极大的非线性。另外，钢筋混凝土梁受拉区混凝土开裂，裂缝增大、增多、发展，抗弯刚度将随着受拉区混凝土退出工作而降低，是个变化的量。

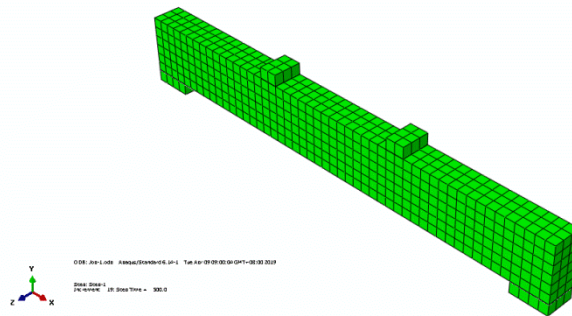


图2 虚拟钢筋混凝土梁原图

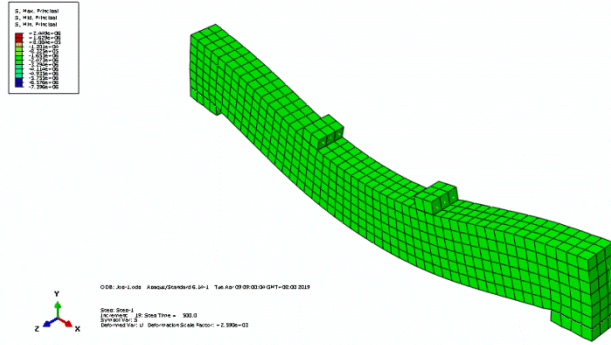


图3 虚拟钢筋混凝土梁变形图

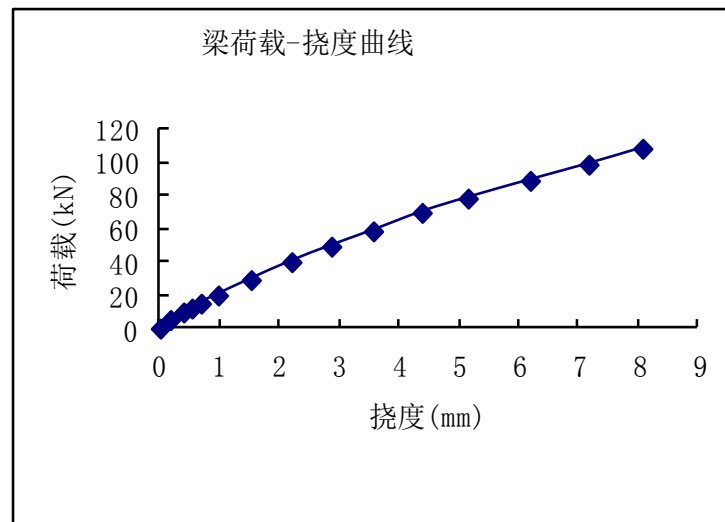


图4 虚拟钢筋混凝土梁各级荷载作用下变形图

## 2、应力测量

了解应力的沿构件的分布，特别是了解结构危险截面处的应力分布及最大应力值，对于建立强度计算理论，或验证设计是否合理、计算方法是否正确，都有很直接的价值。利用所测的应力资料还可以直接了解结构的工作状态和强度储备。直接测量应力比较困难，目前还没有较好的方法而常常借助于测量应变值后通过材料的应力应变关系将应变换算为应力值。所以应力测量往往是应变测量。应变计的种类很多，用的最多的是电阻应变片。

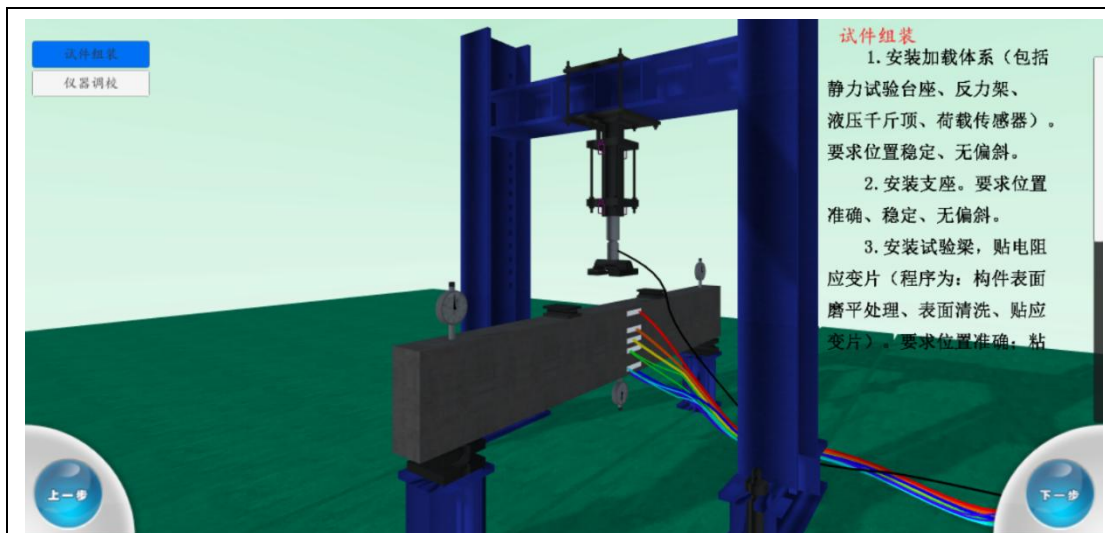


图5 钢筋混凝土梁应变测试图

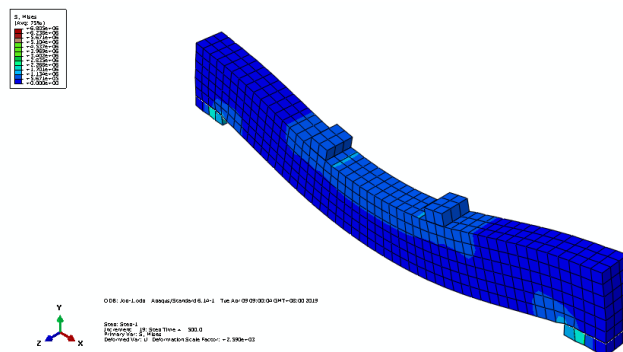


图6 虚拟钢筋混凝土梁应力图

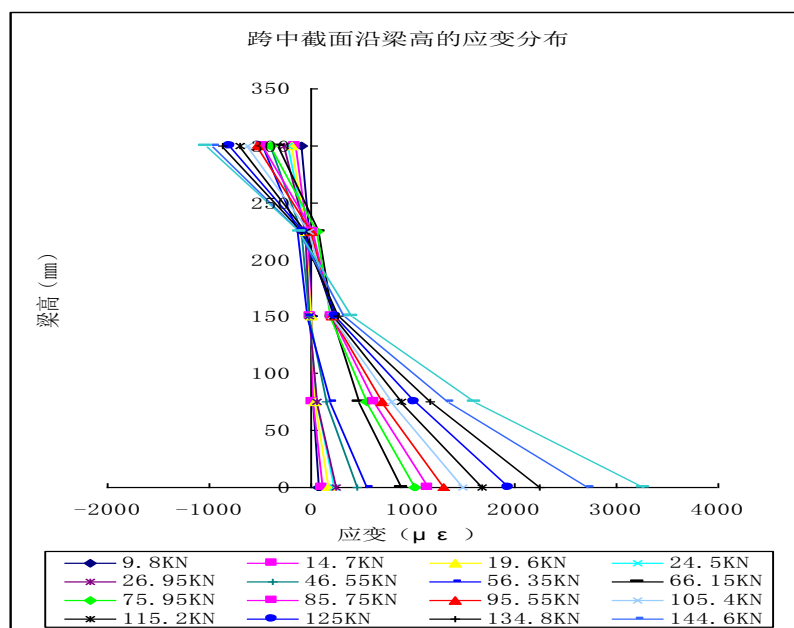
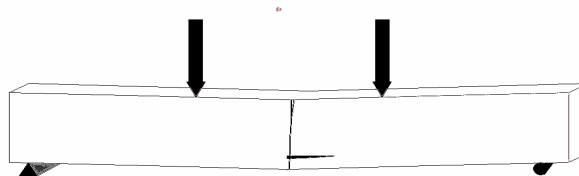


图7 虚拟钢筋混凝土梁应力随截面高度变化图

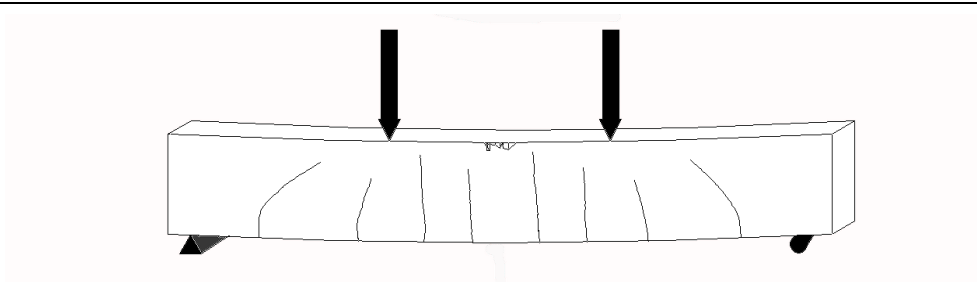
### 3、裂缝观测

钢筋混凝土梁一般可按照其破坏特征分为三类：适筋截面、超筋截面和少筋截面。受弯构件正截面破坏性质与其配置的纵向受拉钢筋的多少有关，当配筋率大小不同时，受弯构件正截面可能产生下列三种不同的破坏形式，特征分别如下：（1）适筋梁适筋梁的配筋率在正常范围内，其破坏过程可分为三个阶段：第一阶段（裂缝出现前阶段）、第二阶段（带裂缝工作阶段）、第三阶段（破坏阶段）。适筋梁的破坏不是突然发生的，破坏前有明显的裂缝和挠度，这种破坏称为塑性破坏。（2）超筋梁梁内纵向受拉钢筋配置过多，在受拉钢筋屈服之前，受压区的混凝土已经被压碎，破坏时受压区边缘混凝土达到极限压应变，梁的截面破坏，这种破坏称为超筋破坏。（3）少筋梁梁内纵向受拉钢筋配置过少，加载初期，拉力初期钢筋与混凝土共同承担。当受拉区出现第一条裂缝后，混凝土退出工作，拉力几乎全部由钢筋承担，受拉钢筋越少，钢筋应力增加也越多。如果纵向受拉钢筋数量太少，使裂缝处纵向受拉钢筋应力很快达到钢筋的屈服强度，甚至被拉断，而这时受压区混凝土尚未被压碎，这种破坏称为少筋破坏。

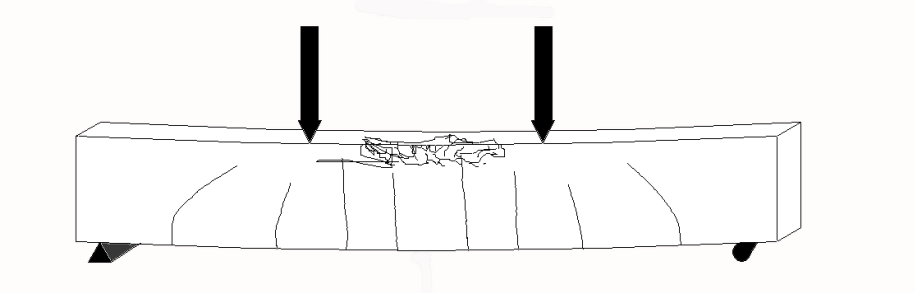
在虚拟试验中，可以通过图形很清楚的展示三种配筋时的裂缝开展程度。



(a) 钢筋混凝土少筋梁



(b) 钢筋混凝土适筋梁



(c) 钢筋混凝土超筋梁

图9 虚拟钢筋混凝土三种梁裂缝分布图

试验是分别验证简支梁在少筋、适筋、超筋情况下的构件的承载力大小（包括开裂荷载、极限荷载和破坏荷载）以及挠度和裂缝的变化。通过这次试验，我熟悉掌握其构件受力和变形的三个阶段以及破坏特征、掌握了不同荷载强度下挠度和裂缝宽度的计算。并且通过计算三种情况下梁的屈服荷载和破坏荷载跟实验所得到的数值进行计较，在实际施工时应注意：一定要根据构件的安全等级计算好承载力和强度，以保证施工安全和周边环境、构造物和人民财产的安全。

## 2-5 实验仪器设备（装置或软件等）

电脑

工程力学虚拟仿真软件

## 2-6 实验材料（或预设参数等）

各参数参考国家现行的土木工程试验标准、规范、规程完成设置，部分参数为系统提前预设。

## 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）

**使用目的：**(1)互动启发式实验教学方法。通过实验，学生学会机械操作、读数和记录,对实验现象理解不够全面，缺乏对、力学机理的深入理解。本虚拟仿真实验强调“以学生为中心”的实验教学理念，将实验构件设计与制作、实验构件安装和实验加载有机结合起来，围绕实验教学难点、实验条件局限性等问题，有效地创设情境，在教学演示实操练习和模拟考核等多个环节中设计交互环节,将学习空间全景呈现，将学习资源全面开放，通过实验加载进程的推进，实时展现曲线变化,不断启发学生将理论知识与实践联系，更深入地理解实验过程中出现的现象从而挖掘结构受力的深层次机理，在轻松的学习氛围下掌握理论课中的难点，克服了实体实验中学生专注于测试记录而忽视实验现象的问题。

**实施过程：**通过微课进行基础知识理论学习，通过人机交互了解实验目的，实验设备过程中进行参数设置，最后进行实验报告填写。

**实施效果：**通过完成虚拟实验任务，能有效调动学生学习的积极性，既让学生较为真实的感受到构件受力破坏实验的全过程、生动直观的再现构件加载至破坏的内力变化规律、裂缝开展规律和破坏形态，了解材料实验基本过程，帮助学生全面掌握相关理论知识。虚拟实验中不断出现的互动操作和实时问答环节，极大地锻炼了学生动手能力和应变能力，更深入更主动地掌握理论和实践

知识。

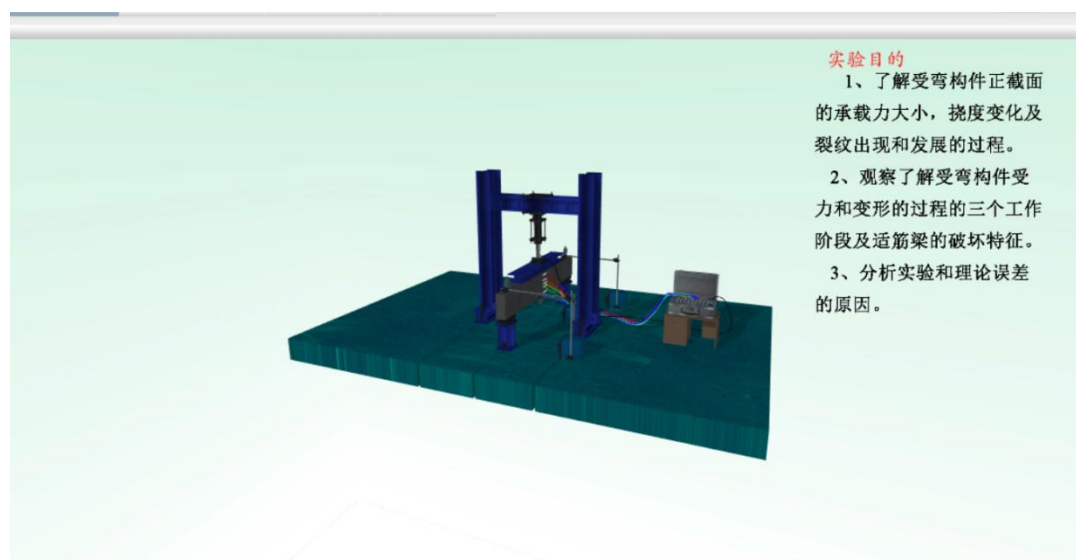
## 2-8 实验方法与步骤要求（学生交互性操作步骤应不少于 10 步）

### 一、 实验方法描述：

- 1.了解实验目的
- 2.进行实验设备认知
- 3.进入试样过程
- 4.参数设置
- 5.查看实验结果

### 二、 学生交互性操作步骤说明：

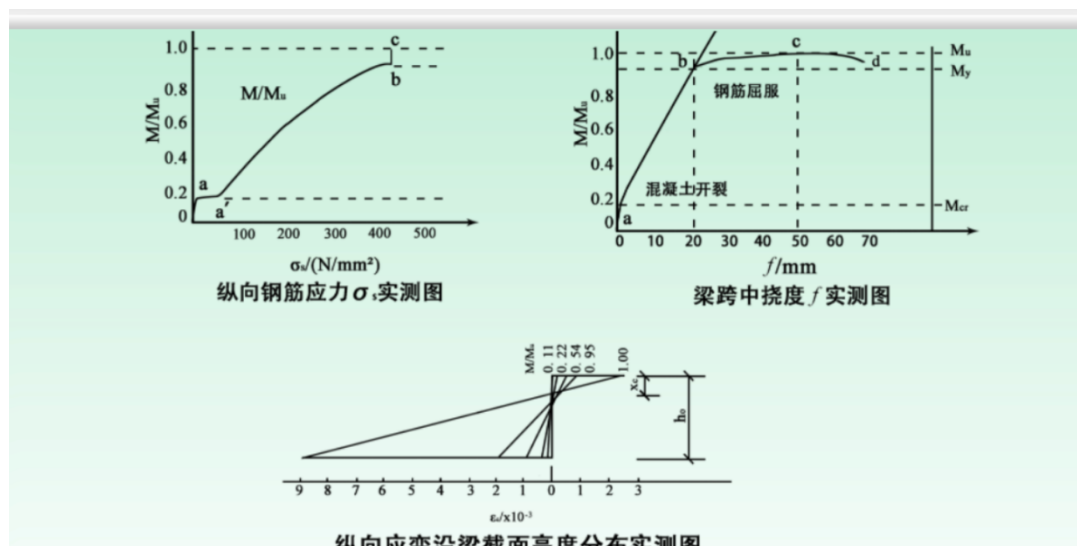
#### 交互 1： 了解实验目的



#### 交互 2： 了解实验设备



### 交互 3:掌握实验原理



### 交互 4: 选择基本参数, 选择适筋, 超筋, 少筋不同情况

试件参数

试件准备

试件安装

开始加载

实验整理

**试件参数**

根据实验要求, 试验梁的混凝土等级为 C30, 截面尺寸  $b \times h = 150\text{mm} \times 400\text{mm}$ , 梁跨度  $l = 3300\text{mm}$ . 详细参数:  $(f_c = 14.3\text{N/mm}^2, f_{tk} = 2.01\text{N/mm}^2, f_{tk} = 20.1\text{N/mm}^2, f_t = 1.43\text{N/mm}^2)$   $f_c$ -混凝土轴心抗压强度设计值;  $f_{tk}$ -混凝土轴心抗拉强度标准值;

试件参数

基本参数

计算配筋率

适筋

超筋

少筋

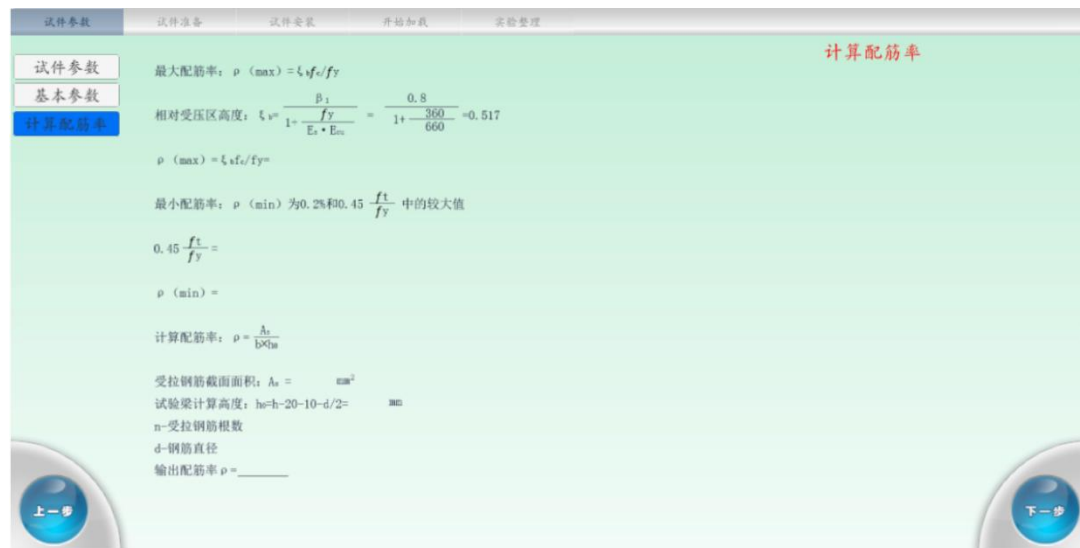
上一部

下一步

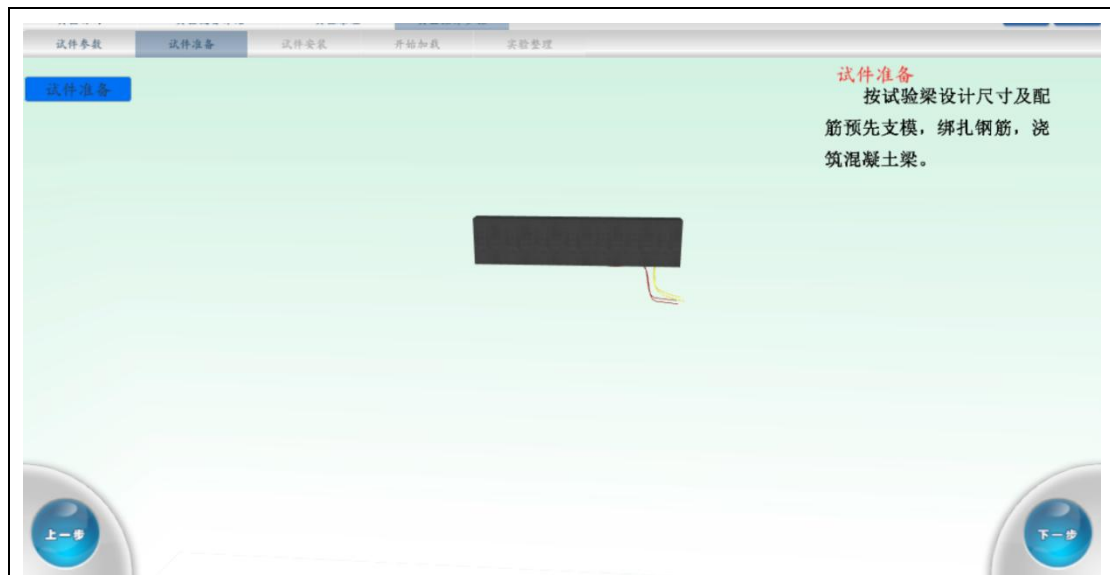
交互 5: 配置基本参数, 选择受力钢筋基本参数, 设置混凝土强度等级及截面尺寸



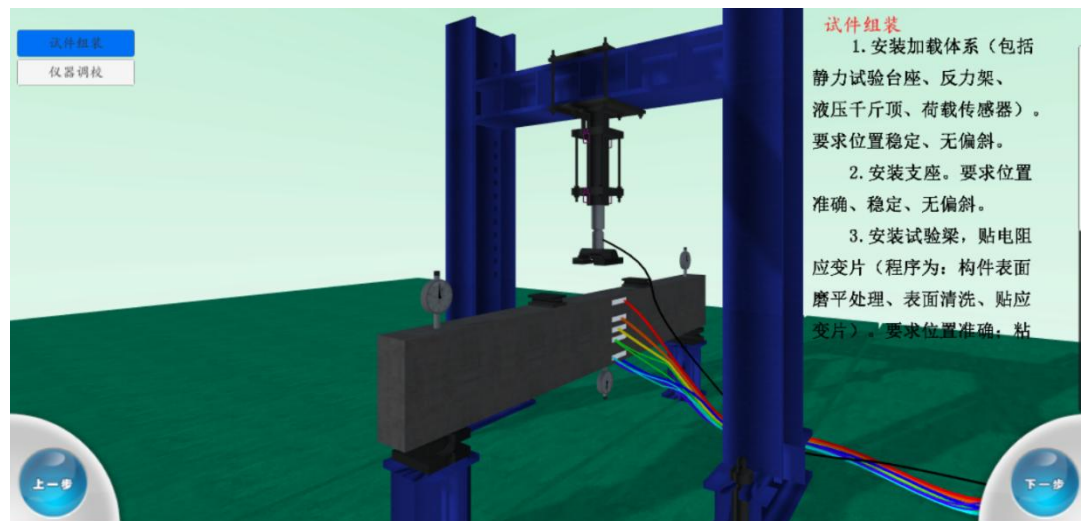
交互 6: 计算配筋率



交互 7: 进行试件准备



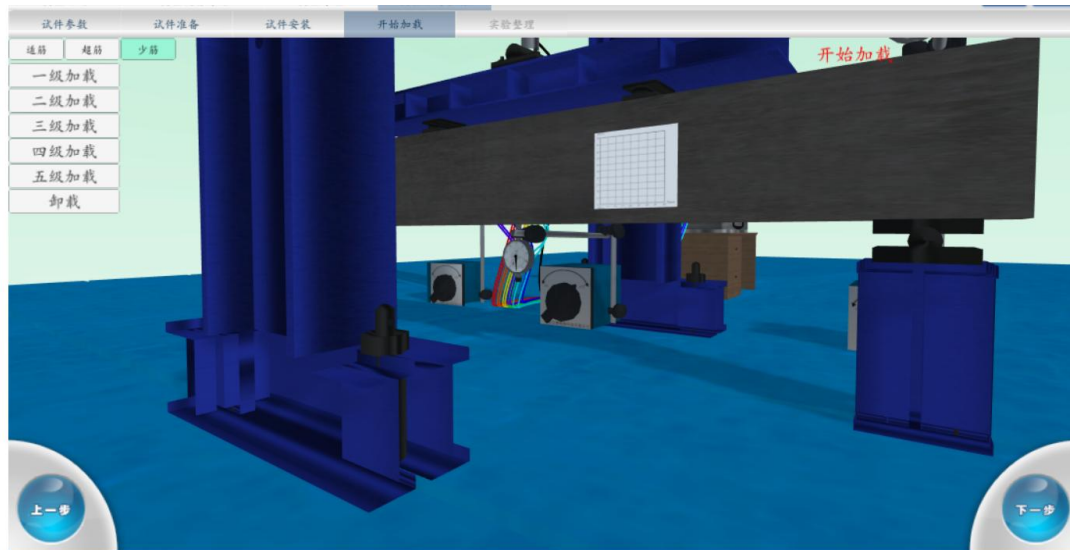
交互 8：进行试件组装



交互 9：仪器调校



交互 10：开始加载，选择不同情况进行加载



交互 11：实验数据整理

软件参数 软件准备 软件安装 开始加载 实验整理 实验整理

一、计算试验梁理论荷载与弯矩值：  
 系数  $\alpha_1$  是受压区混凝土矩形应力图的应力值与混凝土轴心抗压强度设计值的比值  
 当试验梁混凝土等级  $\leq C50$  时， $\alpha_1 = 1.0$   
 开裂时混凝土受压区高度：  

$$x_1 = \frac{f_y A_s}{\alpha_1 f_{cb}} = \text{ } \text{ mm}$$
  
 开裂弯矩：  

$$M_{cr} = \alpha_1 f_{cb} b x_1 (h_0 - 0.5 x_1) = \text{ } \text{ kN} \cdot \text{ m}$$
  
 开裂荷载：  

$$a = \frac{l_0}{3} = \text{ } \text{ mm}$$
  

$$F_{cr} = \frac{M_{cr}}{a} = \text{ } \text{ kN}$$
  
 屈服时混凝土受压区高度  

$$x_2 = \frac{f_y A_s}{\alpha_1 f_{cb}} = \text{ } \text{ mm}$$
  
 屈服弯矩：  

$$M_{s1} = \alpha_1 f_{cb} b x_2 (h_0 - 0.5 x_2) = \text{ } \text{ kN} \cdot \text{ m}$$
  
 屈服荷载：  
上一步 下一步

## 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：  
 无

## 2-10 考核要求

- (1) 经过上述模块学习，对学生进行考核，测试其对工程力学，结构力学，材料实验等知识掌握程度
- (2) 具体方式为：在网站和学校自测模块，按照流程进行参数设置，并进行考核

## 2-11 面向学生要求

- (1) 专业与年级要求  
 土木工程专业，大二年级及以上学生均可以进行虚拟仿真实验学校

(2) 基本知识和能力要求

本仿真实验教学系统需对《工程力学》《结构力学》《钢结构》等课程的相关专业有一定了解

2-12 实验项目应用及共享情况

(1) 本校上线时间： 2017-01-01

(2) 已服务过的本校学生人数： 820

(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： 是 ， 已服务人数： 6500

3.实验教学项目相关网络及安全要求描述

3-1 有效链接网址

<http://www.rgzcloud.com/platform/resource/dummycourseinfo?id=25&itemtype=dummy>

3-2 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）

基于公有云服务部署系统，5M-10M 带宽

(3) 说明能够支持的同时在线人数（需提供在线排队提示服务）

100

3-3 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

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

3-4 用户非操作系统软件配置要求（如浏览器、特定软件等）

(1) 需要特定插件 是 否

(勾选“是”，请填写) 插件名称	插件容量
下载链接	

(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）

建议使用火狐浏览器，谷歌浏览器等最佳分辨率为 1280\*800

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

操作系统: Win7/8/10 简体中文版 CPU 主频: 2.0GHz 以上 路容量: 2GB, 独拉显卡内存容量: 8GB 以上 硬盘容量: 1TB 显示器分辨率: 1920x1080 输入设备: 鼠标、键盘

(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) 一 级

4.实验教学项目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>通过数据无缝对接，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户的智能得、自动批改服务功能,尽可能帮助用户实现自主实验，加强实验项目的开放服务能力,开放服务效果。</p> <p>本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、自动批改和教学管理于一体,具有好自主性、交互性和可扩展性的虚拟实验教学平台。</p> 
<p>实验教 学项目</p>	<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</p> <p><input type="checkbox"/>HTML5</p> <p>其他_____</p>

<p>开发工具</p>	<p><input checked="" type="checkbox"/>Unity3D <input type="checkbox"/>3D Studio Max  <input type="checkbox"/>Maya<input type="checkbox"/>ZBrush <input type="checkbox"/>SketchUp  <input checked="" 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_____</p>
<p>运行环境</p>	<p>服务器  CPU <u>8</u>核、内存<u>8</u> GB、磁盘<u>1000</u>  GB、  显存<u>4</u> GB、GPU 型号<u>I7</u>  操作系统  <input checked="" type="checkbox"/>Windows Server <input type="checkbox"/>Linux <input type="checkbox"/>其他 具体版本_____  数据库  <input checked="" type="checkbox"/>Mysql <input type="checkbox"/>SQL Server <input type="checkbox"/>Oracle  其他_____</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:2 万、贴图分辨率:512*512、每帧渲染次数 3 次、动作反馈时间:5 秒、示刷新率:25fps、 分辨率: 1280*720</p>

## 5.实验教学项目特色

(体现虚拟仿真实验教学项目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。)

### (1) 实验方案设计思路:

项目建设的必要性及先进性: 工程力学虚拟仿真实验是针对土木工程专业的工程力学实验教学中存在的工程结构标准试件制作要求高, 实施过程不可逆, 部分试验费用高, 试验环境高危、安全隐患大等问题而研发的虚拟仿真教学系统。鉴于此种情况, 我们将虚拟仿真实验教学与原有实体实践教学相结合, 创建了“以实为本、虚实结合”满足认知实习、专业实验、专业实训、专业实习等要求的综合实践教学体系, 形成了以“仿真实验”拓展“真实实验”的“绿色实践教学”模式。

方案设计思路: 工程力学虚拟仿真实验的总体目标是改革传统的实验教学方式, 能让教师通过网络对整个实验教学过程进行管理、辅导和监控; 让学生能通过网络“个别地”、“自主地”接受教师的辅导, 完成实验。虚拟实验项目分别设立立体知识云库和仿真实训: 仿真实训具有功能完善的虚拟仿真实验教学平台, 供学生完成实验项目学习、实验仿真实验结果分析及学习自测等内容; 教师可对实验项目结构进行查看

### (2) 教学方法创新:

利用多媒体课件、电脑上机操作、试验现场讲解等手段, 针对学生感受新知、理解新知、形成技能的不同阶段, 采用讲授式、实例贯穿式、任务驱动式、现场教学法等多种方法的有机结合, 并注实效。

### (3) 评价体系创新:

通过仿真实验设置，学生可进行实验数据填写，进行成绩提交，最终可进行实训报告查看

#### (4) 对传统教学的延伸与拓展:

采用三维动画的形式展示实验的全过程、实验目的及所用实验仪器，形像直观。学生可以漫游查看，任意观察，并动手操作实验设备,完成实验项目。通过虚拟仿真实验，使学生掌握实验流程及操作要点，然后在真实实验中可以更加高效地完成实验。与传统实验相辅相成。

## 6.实验教学项目持续建设服务计划

(本实验教学项目今后 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:

持续建设与更新:目前开发的工程力学虚拟仿真实验主要是对部分工程力学，结构力学，材料力学，土力学等受荷实验，故还需要加强对土木工程结构虚拟仿真实验项目的开发，完善土木工程及其相关专业低周往复荷载实验教学体系。2021 -2024 年计划建立工桥梁、钢筋混凝土梁桥、斜拉桥、悬索桥、钢架桥结构等虚拟仿真实验。

#### (2) 面向高校的教学推广应用计划:

加强对兄弟院校土木工程专业《工程力学》、《结构试验》、《高层建筑结构抗震》、《桥梁工程》及《混凝土结构》等相关课程的调研，针对各个学校的具体情况，进行订单式教学资源开发,完善“力学虚拟仿真实验”资源建设。通过走访调研、学术会议、座谈会等形式建立健全校际合作机制，加强软硬件建设，稳步推进校际资源共享，形成共赢的合作模式，2020 -2021 年计划在河南省内

与 20-30 所院校实现“工程力学虚拟仿真实验项目”资源共享，2021-2024 年计划与国内 40- 50 所院校实现“工程力学虚拟仿真实验项目”资源共享。

(3) 面向社会的推广应用计划：

加强面向建筑行业的社会服务。过与行业协会、专业培训机构、建筑行业龙头企业的深层次合作，为更多企业提供相关的服务资源。2020-2021 年计划与浙江省土木工程学会、建筑学会、勘察设计协会合作，与省内 10-15 家企业实现“工程力学虚拟仿真实验项目”资源共享。2021-2024 年计划与中国土木工程学会、建筑学会、勘察设计协会合作，与省内外 30- 50 家企业实现“工程力学虚拟仿真实验项目”资源共享。

预计服务人数: 10000 人

## 7.知识产权

软件著作权登记情况	
软件著作权登记情况	<input type="checkbox"/> 已登记 <input checked="" 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	
是否与项目名称一致	<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
著作权人	
权利范围	
登记号	

## 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）：

年 月 日

## 9. 附件材料清单

### 1. 政治审查意见（见附件）

（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。）

### 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。）

## 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“浙江省虚拟仿真实验教学项目”，学校将严格贯彻省教育厅的要求，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）：

（学校公章）

年 月 日

附件：

## 衢州学院关于“煤制合成氨 3D 虚拟仿真实训” 等项目政治审查的意见

依据《浙江省教育厅办公室关于开展高等教育“十三五”人才培养项目立项建设工作的通知》（浙教办函〔2019〕316号）文件要求，校党委对浙江省“十三五”高校虚拟仿真实验教学申报项目进行了政治审查。经审查，“煤制合成氨 3D 虚拟仿真实训”等 8 项项目组成员的情况，以及项目内容的政治导向、价值取向等方面均无不良倾向，符合申报要求。

特此说明！

中共衢州学院委员会

2019 年 12 月 13 日