

申报编号：2021-205828

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：桥梁动态位移计算机视觉监测虚拟仿
真实验

专业类代码：0811

负责人：叶肖伟

联系电话：15857113136

申报学校：浙江大学

填表日期：2021-07-08

推荐单位：浙江大学

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	桥梁动态位移计算机视觉监测虚拟仿真实验	是否曾被推荐	○是●否
实验所属课程 (可填多个)	结构健康监测与振动控制		
性质	○独立实验课 ●课程实验		
实验对应专业	水利科学与工程		
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 type="checkbox"/> 高危或极端环境 <input checked="" type="checkbox"/> 高成本、高消耗 <input 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 次: 1. 2019-11-01 ~ 2020-01-03、52 人 2. 2020-11-14 ~ 2021-01-22、14 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://qldt.zju.edu.cn		

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	叶肖伟	1980-11-12	浙江大学	虚拟仿真实验中心副主任	教授	15857113136	cexwye@zju.edu.cn	在线教学服务人员, 虚拟仿真实验规划

2	余世策	1979-08-09	浙江大学	实验中心主任	正高级实验师	13858075328	yusc@zju.edu.cn	在线教学服务人员，理论支持
---	-----	------------	------	--------	--------	-------------	-----------------	---------------

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	罗尧治	1966-08-30	浙江大学建筑工程学院	建筑工程学院院长	教授	在线教学服务人员，项目指导
2	陈水福	1967-07-01	浙江大学建筑工程学院	无	教授	在线教学服务人员，验设计提供指导
3	张治成	1977-09-28	浙江大学建筑工程学院	无	副教授	在线教学服务人员，验拍摄提供指导
4	钱芸	1996-	北京润尼尔网络	三维仿真研	工程师	技术

	丰	10-01	科技有限公司	发中心产品 经理		支 持 人 员 ， 实 验 项 目 开 发 指 导
5	崔志 强	1994- 02-10	北京润尼尔网络 科技有限公司	三维仿真研 发中心技术 支持	工程师	技 术 支 持 人 员 ， 实 验 项 目 开 发
6	陀佳 楠	1995- 10-01	北京润尼尔网络 科技有限公司	三维仿真研 发中心技术 支持	工程师	技 术 支 持 人 员 ， 实 验 项 目 开 发

团队总人数：8 人 其中高校人员数量：5 人 企业人员数量：3 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）

实验教学任务情况：

本团队自 2014 年 12 月起，担任桥梁动态位移计算机视觉监测实验课程教育教学任务，并于 2019 年 11 月起将虚拟仿真实验引入课堂教学。

教学研究课题：

1. “桥梁工程虚拟仿真实验课程”，浙江大学虚拟仿真实验课程建设项目，2017.06-2019.06
2. “桥梁工程探究性实验教学”，浙江大学探究性实验教学项目，2017.08-2018.08
3. “桥梁工程探究性实验教学”，浙江大学探究性实验教学项目，2016.06-201

7.06

教学表彰/奖励:

浙江大学教学成果奖二等奖（2016），获奖项目“桥梁工程健康监测辅助教学平台建设”

学术科研课题:

1. “结构状态监测与安全评估”，国家自然科学基金优秀青年科学基金项目（项目编号：51822810），2019.01-2021.12
2. “基于数字图像相关的结构服役行为监测方法及试验研究”，国家重点研发计划重点专项子课题（项目编号：2017YFC0806105），2017.07-2020.12

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）

（1）实验必要性及实用性：

结构健康监测与振动控制作为土木工程的一门专业课程，其中的计算机视觉方法是一种新型的位移监测方法，可以有效避免接触式和非接触式位移测量方法的弊端，其远距离、非接触、低成本、高精度、抗电磁干扰的优点已经得到了广大土木工程研究人员的关注和认可。但是，计算机视觉方法涉及多学科交叉，监测系统构成复杂。在进行实际桥梁的健康监测试验时，受交通、光照、供电等多方面因素影响，存在安全隐患，难以在教学工作中实际应用；学院往届采取模型桥梁进行试验的方法，学生缺乏对实验系统的认识，难以设计合理的实验，同时受实验设备数量限制，学生实际操作时间无法满足熟练掌握设备的要求。

采用虚拟仿真系统，教育教学不再受实验设备数量限制，同时可以更深入形象地对知识点进行讲解。因此，建设虚拟仿真试验项目，可以有效改善教学条件，拓展教学内容。

（2）教学设计的合理性

本项目为开放性、启发式实验，倡导学生独立思考，着眼于激发、促进学生的学习积极性，实现独立设计实验目的和方案，保证教学面向全体学生，促使大面积提高教学质量。同时为线上线下混合教学，通过线上的学习，掌握实验的原理和仪器的操作方法，并通过线下的实际操作进一步进行基础知识与实验方法的巩固。

（3）实验系统的先进性

本项目结合虚拟仿真系统，避免了传统教学中存在的受实验设备数量限制、存在安全隐患等问题，可以将本课程的相关知识点如计算机视觉原理、模板匹配算法、频谱分析等方法，给学生更加直观和近距离的体验和认识，便于学生理解和掌握计算机视觉和频谱分析，提高学生对位移监测的认识、增强学生实验能力、拓展知识面。在实验结束后，虚拟仿真的项目也会对学生持续开放，方便学生的预习和复习等自主地练习。

3-2 实验教学目标（实验后应该达到的知识、能力水平）

本虚拟仿真实验从计算机视觉原理、桥梁结构位移监测方法和位移监测结果分析三个角度对基于计算机视觉的桥梁结构动态位移监测进行演示和模拟。

首先，通过理论教学，让学生了解计算机视觉位移监测技术的原理。计算机视觉系统是采用各种成像系统代替视觉器官作为输入，由计算机代替大脑完成处理和解释的系统。基于计算机视觉的位移监测系统通过追踪目标模板实现结

构动态位移监测，对比传统的位移传感器等手段，具有非接触、远距离、高精度、抗电磁干扰、多点大范围同步测量等优势。

其次，介绍基于计算机视觉的桥梁结构位移监测方法，包括监测目标选择，设备调试和参数设置。通过展示操作界面以及设置流程，将实际的监测试验通过虚拟仿真方式重现，生动地描述监测的操作过程和具体的实现方式，让学生掌握计算机视觉位移监测技术的实施过程以及操作软件的使用方法。

最后，介绍位移频谱分析和结构模态分析的基本原理，展示监测数据经过频谱分析后得到的测点频谱以及结构的低阶模态振型，让学生掌握结构动态位移监测到结果动力特性分析的完整过程。

3-3 实验课时

(1) 实验所属课程课时：32 学时

(2) 该实验所占课时：8 学时

3-4 实验原理

(1) 实验原理(限 1000 字以内)

1. 基于计算机视觉的位移监测方法 (1) 模版匹配算法 数字图像处理过程中，模板匹配是指预先选定一个模板（图像）并与包含有目标点的原始图像进行相关运算，根据相关运算结果确定目标点在原始图像中的位置。其中，预先选定好的模板为包含有目标点或目标点特征的区域图像（典型地为一个较小的矩形区域图像）。模板与原始图像的相关运算需要模板中的每一个像素访问原始图像中的每一个像素，相当于模板“游走”于原始图像的每一个位置，“游走”的每一步相关运算结果则是模板与原始图像重叠部分像素的灰度值乘积之和。当相关运算结果出现最大值时，表明模板和原始图像达到最佳匹配，而最佳匹配的位置则表示目标点在原始图像中的位置。(2) 基于灰度相关的模板匹配算法 利用基于灰度模板匹配算法的位移监测方法获取结构上预设目标点的位移，需要用空间位置固定的数字相机去获取含有预设目标的灰度图像。首先，在第一帧图像中，所有包含预设的被测目标都会以“模板”的形式抽取出来，这个模板是图像中包含被测目标一个子集。模板匹配的过程就是在数码相机拍摄到的后续图像中用预设的模板去搜索目标在该图像中的位置。搜索过程一般是将模板从图像的左上角向右逐行进行扫描，直到找到最佳匹配位置。扫描过程中模板与图像重合的位置会进行二维图像相关运算，得到一个相关系数（或称为匹配得分）。当相关系数达到最大值时，认为在图像中找到了目标的最佳匹配位置。2. 频谱分析 频谱分析是一种将复杂信号分解为较简单信号的技术。许多物理信号均可以表示为许多不同频率简单信号的和。找出一个信号在不同频率下的信息（如振幅、功率、强度或相位等）的做法即为频谱分析。

分解出来的频率称作结构的基频，是结构本身固有的属性，当发生较大的损伤时，结构的基频会发生变化，在频率分析的时候可以看到频谱图出现较大差异。

知识点：共 2 个

1. 模板匹配算法
2. 频谱分析

(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. 计算机视觉桥梁位移监测软件界面和操作与实际相符，软件内涉及的标定、监测，均与在实际进行桥梁位移监测的界面相一致；
2. 虚拟仿真监测实验所采用的三脚架、桌子、电脑、工业相机和网线，模型外观与功能均与实际相一致。工业相机上的通光旋钮能对拍摄的进光量进行调节，进而调整图片亮暗程度；调距旋钮能调整镜头到感光元件的距离，进而对清晰度进行调节；
3. 待监测桥梁取自现实中真实存在的桥梁，实验展示的监测结果取自对该桥进行实际监测的结果，能保证虚拟仿真实验结果的合理性。

3-5 实验教学过程与实验方法

1. 实验教学过程

首先通过理论教学，让学生了解计算机视觉监测技术的原理。

其次，介绍基于计算机视觉的桥梁结构位移监测过程，包括监测目标选择，设备调试和参数设置。

最后，介绍了频谱分析和模态分析的原理，展示了监测数据经过频谱分析之后得到的测点频谱以及结构的第一阶模态振型，让学生掌握结构动态位移监测到结果动力特性分析的完整过程。

2. 实验方法

桥梁动态位移计算机视觉监测实验，主要包括 3 个环节：（1）研究对象设计；（2）参数设定；（3）位移监测及数据处理。

（1）确定研究对象设计

学生根据桥梁工程研究背景和自身对桥梁结构的认识，基于计算机视觉方法，自行选择与桥梁振动有关的课题进行研究。确定实验使用的仪器、材料和记录的数据以及对数据处理所采用的方法。

（2）参数设定

虚拟仿真项目的程序操作与真实软件操作相同，主要包括图像与实际尺寸比例的设定，测点在软件上的框选以及监测区域的活动范围。

根据监测目标选择结构的相应监测位置，对于结构形式简单的简支梁桥、连续梁桥而言，一般选择桥面跨中，1/4跨以及桥梁支座位置进行桥梁挠度监测；对于悬索桥、系杆拱桥等缆索体系桥梁而言，还可以选择桥塔、拱肋、缆索等位置进行监测。选择追踪的区域应有明显的图像特征以利于追踪，也可以粘贴标记图案或LED小灯作为追踪目标，确保追踪效果。

(3) 位移监测

完成所有设置之后可以生成目标的位移情况。红线表示竖向位移，白线表示水平位移。学生可以根据自身的研究目标自行决定对桥梁的加载方式，检测梁的振动特性或损伤情况。

导出实验数据。使用频谱分析等方法对试验得到的数据进行处理，得出与研究目标相关的结论。对实验中的所有数据进行汇总，制作实验报告与展示PPT，进行交流与讨论，明确收获和不足之处，提出改进意见。

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13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	完成学习	5	完成学习，记5分，否则不计分	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	选择灯泡或小车作为标记对象，完成三个标记，	1	选择灯泡或小车作为标记对象，完成三个标记，得5分，否则不得分	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
3	先暂停软件后接入相机再启动	1	先暂停软件后接入相机再启动，得5分，否则不得分	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
4	按照正确顺序安装仪器	2	按照正确顺序安装仪器，得10分	10	<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

5	拍摄区域包含三个标记点	1	拍摄区域包含三个标记点，得5分	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
6	调整通光量使画面明暗适宜；调整镜头距离使画面清晰	2	调整通光量使画面明暗适宜，得5分；调整镜头距离使画面清晰，得5分	10	<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
7	选择直线工具，输入正确长度	2	选择直线工具，输入正确长度，得10分，否则不得分	10	<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
8	模板应包含三个监测点位	3	模板应包含三个监测点位，包含一个记5分，两个记10分，三个记15分	15	<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
9	监测区域应分别包括上述三个点位	3	监测区域应分别包括上述三个点位，包含一个记5分，两个记10分，三个记15分	15	<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
10	取消监测区域按钮后退出设置	1	取消监测区域按钮后退出设置，得5分	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
11	点击监测后进行至少30秒监测	2	点击监测后进行至少30秒监测，得5分，否则不得分	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
12	正确进行频谱分析	2	正确进行频谱分析，得5分	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
13	正确退出程序	1	正确退出程序，记5分	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) 交互性步骤详细说明

实验过程中涉及到交互性操作的步骤有：

1. 进入实验操作界面，屏幕会出现计算机视觉原理讲解和仪器介绍（图1）；



图1 计算机视觉原理讲解

2. 操作标记对测点进行标定（图2）；

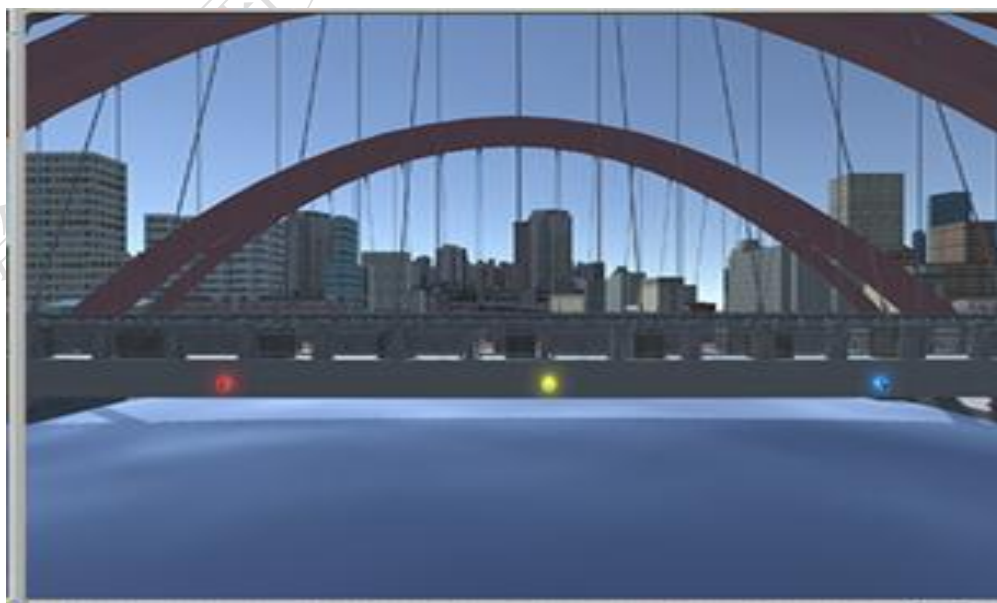


图2 对测点进行标定

3. 启动监测软件，先按住左上角的圈暂停，选择相机后点箭头开始工作。
4. 仪器布置，依次布置三脚架，桌子，电脑，工业相机，网线（图3）

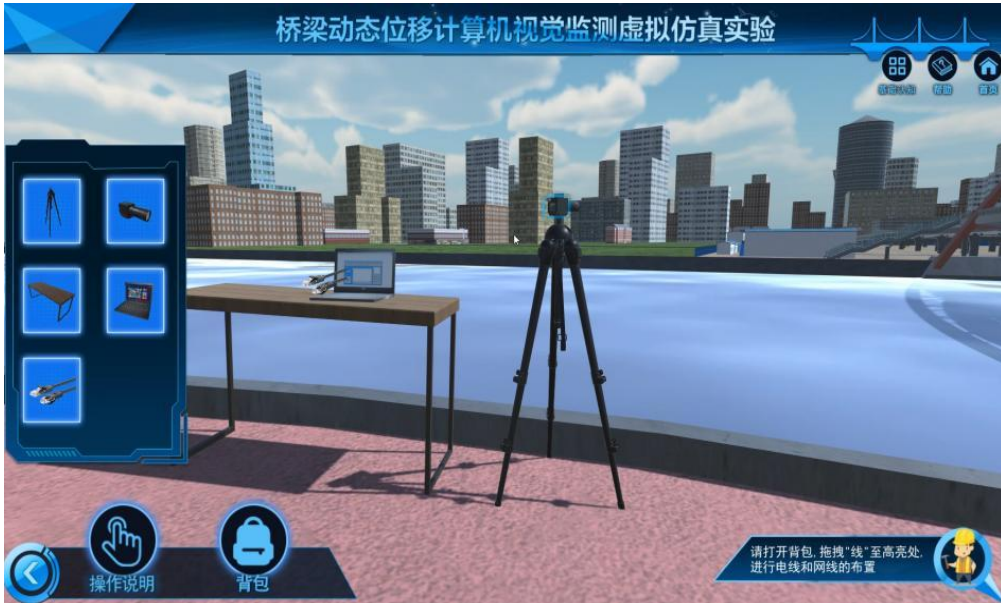


图3 仪器布置

5. 点击 Image Grab 进行图像捕捉，捕捉时应注意拍到所有的标记点位（图4）。

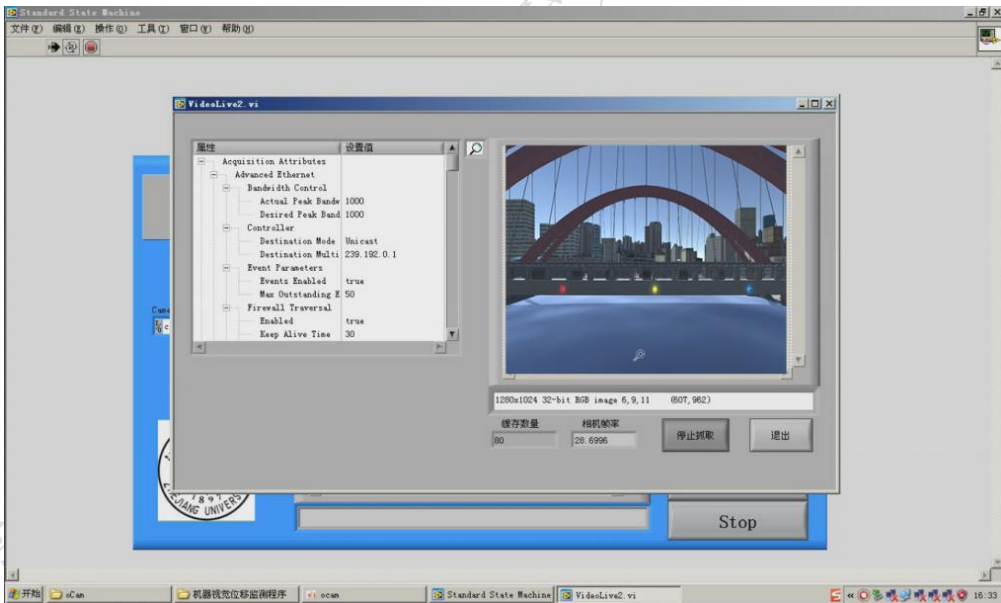


图4 图像捕捉

6. 调整光圈和镜头获取清晰的目标图像，完成后退出（图5）。

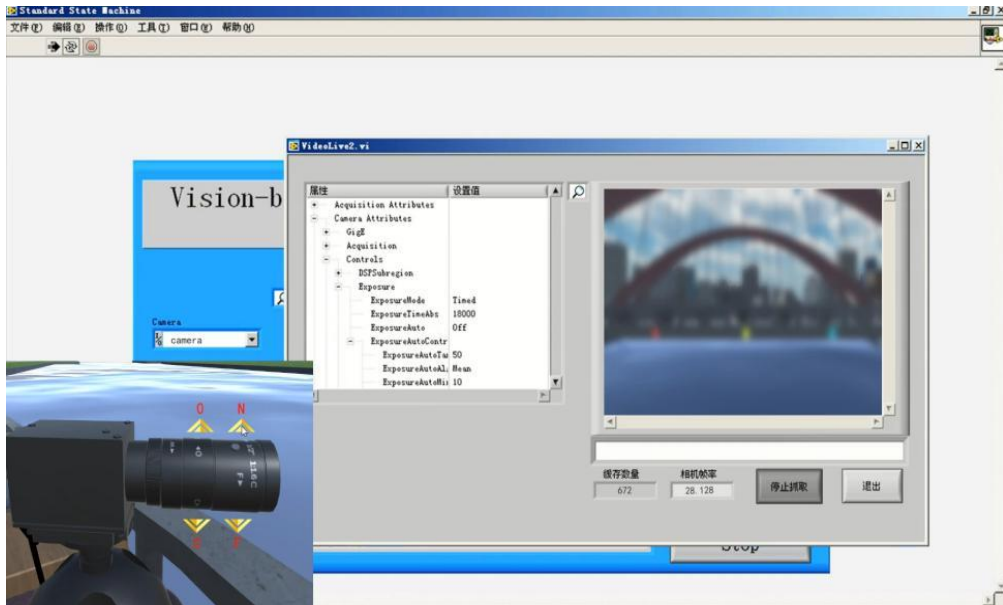


图 5 调整光圈和镜头

7. 点击 Configuration 进入设置。先选取左边的线条工具，在图像中划出一条直线，然后在右侧的距离中标出该线段在实际图像中表示的长度（图 6）。

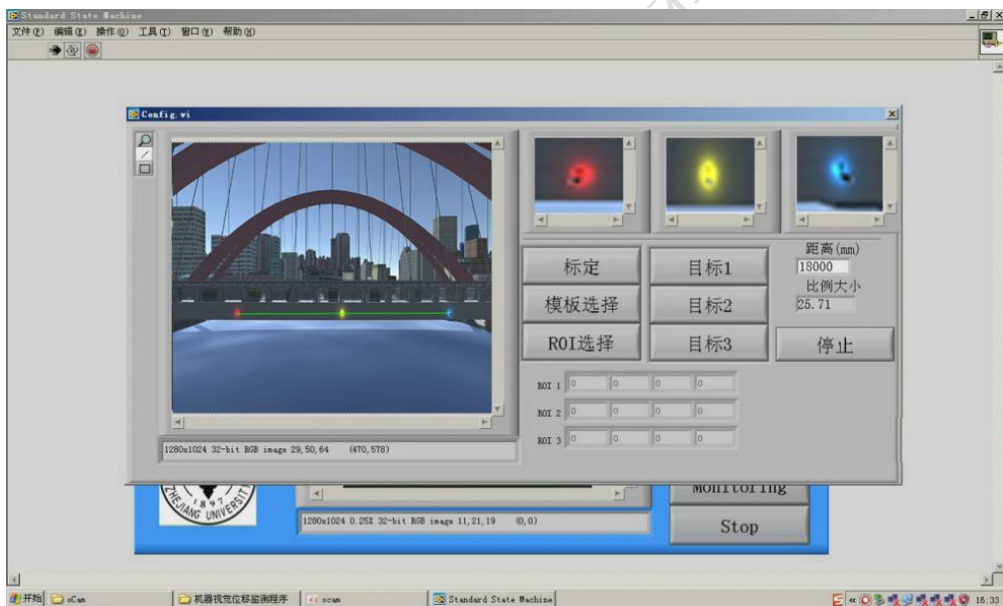


图 6 长度标定

8. 点击模版选择，选取左边的框选工具。在图像中框选出在之前标记的区域，框选完成后点击目标 1。此时软件中上方三个图像中的第一个会变成框选的内容（图 7）。如果同时进行多个目标的捕捉，重复本步骤。



图 7 模板选择

9. 点击 ROI 选择，此时分别框选上步中各个目标的活动范围，点击对应目标 1、目标 2、目标 3 完成设置（图 8）。



图 8 ROI 区域选择

10. 点击 ROI 选择取消对其的选择，并点击停止完成所有设置。

11. 点击 Monitoring 对标记的测点进行监测，此处屏幕上会出现所有标记点的水平和垂直的位移情况（图 9）。

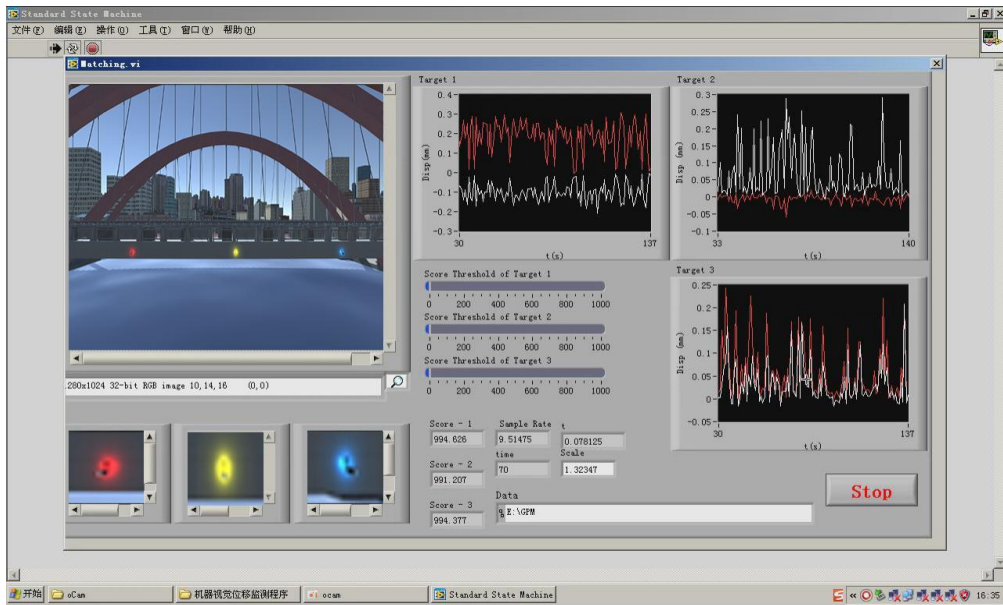


图 9 位移数据监测

12. 根据需要自行决定对桥梁的加载，仿真系统会计算并返回各种加载状况下的位移。生成桥梁动态位移时程曲线，单点频谱曲线，桥梁结构模态振型等数据（图 10）。

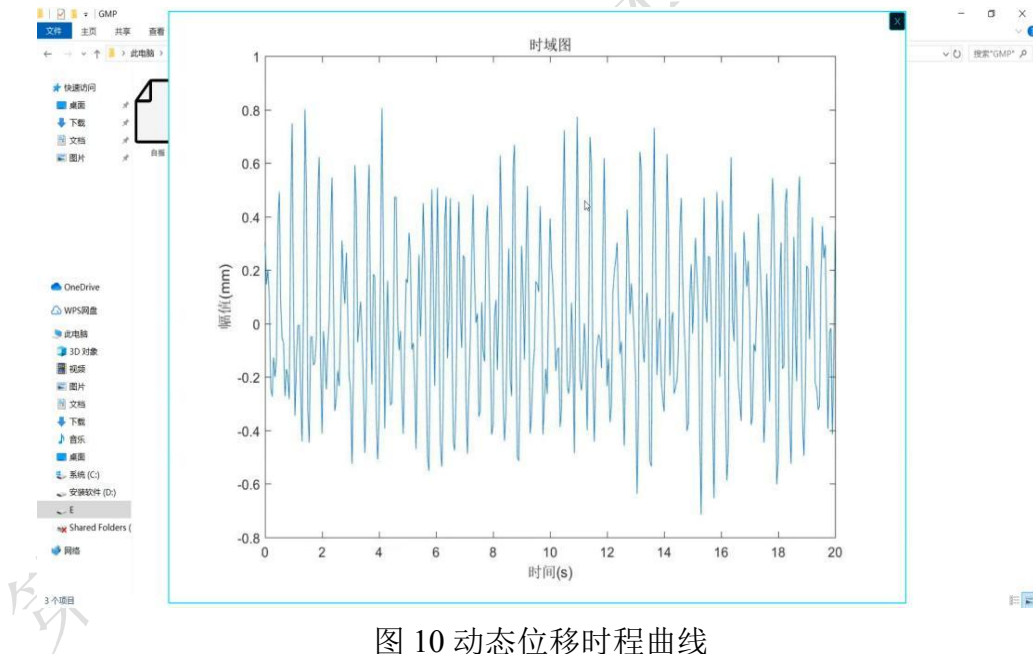


图 10 动态位移时程曲线

根据引导关闭监测程序，拆卸监测设备。

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. 选取桥梁上固定的灯泡作为监测对象，可以生成该点位在监测期间的振动状态；

- 2.选择桥梁上运行的车辆作为监测对象，输出桥梁振动与车辆位置关系状态；
- 3.在软件设置存在错误的，最后将不会输出任何结果。

3-8 面向学生要求

- (1) 专业与年级要求
土木、水利与交通工程 大二
- (2) 基本知识和能力要求

要求学生学完大一所有课程和相关的基础课程和专业课程，至少学完大学物理、土木工程材料、大学计算机基础、理论力学、材料力学等相关基础课程。掌握查阅文献、操作仪器、处理数据的能力。

3-9 实验应用及共享情况

- (1) 本校上线时间：2019年11月1日（上传系统日志）
- (2) 已服务过的学生人数：本校66人，外校0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、水利与交通工程，
教学周期：2，学习人数：66
- (4) 是否面向社会提供服务：●是 ○否
- (5) 社会开放时间：2020年3月1日
- (6) 已服务过的社会学习者人数：31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) 实验方案设计思路

计算机视觉方法是一种新型的位移监测方法，可以有效避免接触式和非接触式位移测量方法的弊端，其远距离、非接触、低成本、高精度、抗电磁干扰的优点已经得到了广大土木工程研究人员的关注和认可。本项目基于计算机视觉方法，建设虚拟仿真试验项目，可以有效改善教学条件，拓展教学内容。

(2) 教学方法创新

本项目为开放性，启发式实验，倡导学生独立思考，设计实验目的和方案。同时为线上线下混合教学，通过线上的学习，掌握实验的原理和仪器的操作方法，并通过线下的实际操作进一步进行基础知识与实验方法的巩固。

(3) 评价体系创新

从实验操作、实验报告、成果展示等维度考察学生是否熟练掌握实验原理和操作方法，达到实验目的要求。实验操作方法，将由虚拟仿真程序会自动记录学生实验操作过程，指出对学生的操作失误并指导正确的操作方法。实验报告和成果展示则考察学生对数据的处理能力，结论的归纳能力。通过三个方面对学生的情况做出综合评定。

(4) 对传统教学的延伸与拓展

对实际结构的健康监测试验是教学重要的组成部分，本项目对结构的监测内容包括位移频谱分析，模态识别从而分析结构健康状况。但是，对实际桥梁结构进行位移监测时，受到交通、设备等多方面的影响，同时存在安全隐患；使用模型实验也会遇到仪器数量不足，难以满足教学需求的问题。同时监测系统涉及的学科众多，理解和实际操作难度较大。学生很难系统掌握监测系统的构成，不能对其深刻理解和设计。

结合虚拟仿真系统，可以将本课程的相关知识点如计算机视觉的原理、频谱分析的方法和结果，给学生更加直观和近距离的体验和认识，便于学生理解和掌握计算机视觉和频谱分析，提高学生对位移监测的认识、增强学生实验能力、拓展知识面。在试验结束之后，虚拟仿真的项目也会对学生持续开放，方便学生的预习和复习等自主地练习。

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

支持与微信群 其他

(4) 4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8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)

1) 基于公有云服务器部署的系统, 5M-10M 带宽 2) 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)

100

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

(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：（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）

无

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

计算机硬件配置需求（最低） 中央处理器： Intel® Core™ i5-7400-3.0GHz-4 核
4 线程 内存： 8GB 硬盘空间： 100GB 图形处理器： NVIDIA® GeForce® GTX
960 显存： 2G 及以上 显示器： 16:9 分辨率 1280*720 及以上 网络带宽：
10Mbps 操作系统： Windows 7

(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

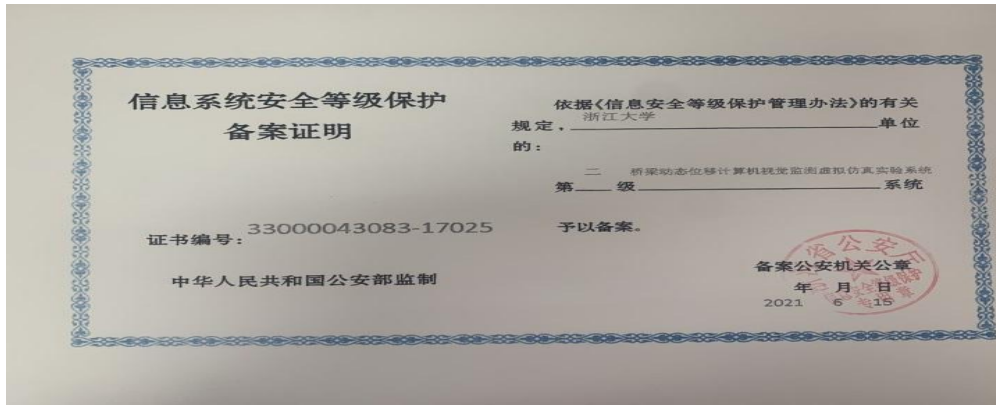
如勾选“有”，请填写其他计算终端特殊外置硬件要求：

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：

33000043083-17025

(2) 请附信息系统安全等级保护备案证明



7. 实验的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>桥梁动态位移计算机视觉监测虚拟仿真实验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、自动批改服务功能，尽可能帮助用户实现自主的实验，加强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>总体架构图如下：</p> <p>如图 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。</p>

(1) 数据层

桥梁动态位移计算机视觉监测虚拟仿真实验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，提供虚拟实验环境的一些通用支持组件，以使用户能够快速在虚拟实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、智能指导、互动交流、实验结果自动批改、实验报告管理、教学效果评、项目开放与共享，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。

(4) 仿真层

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。

(5) 应用层

基于底层的服 务，最终桥梁动态位移计 算机视觉监测虚拟仿真实验教学与开放共 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。



实验教学	开发技术	<input type="checkbox"/> VR <input type="checkbox"/> AR <input type="checkbox"/> MR <input type="checkbox"/> 3D 仿真 <input type="checkbox"/> 二维动画 <input checked="" 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 checked="" type="checkbox"/> Maya <input type="checkbox"/> ZBrush <input type="checkbox"/> SketchUp <input type="checkbox"/> AdobeFlash <input type="checkbox"/> UnrealDevelopment Kit <input type="checkbox"/> Animate CC <input type="checkbox"/> Blender <input checked="" type="checkbox"/> Visual Studio <input checked="" type="checkbox"/> 其他

运行环境	<p>服务器 CPU 6 核、内存 32 GB、磁盘 100 GB、显存 0 GB、GPU 型号 无</p> <p>操作系统 <input type="checkbox"/>Windows Server <input checked="" type="checkbox"/>Linux <input type="checkbox"/>其他 具体版本：Linux centos7.8</p> <p>数据库 <input checked="" type="checkbox"/>Mysql <input type="checkbox"/>SQL Server <input type="checkbox"/>Oracle <input type="checkbox"/>其他</p> <p>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）无</p> <p>是否支持云渲染： <input type="radio"/>是 <input checked="" type="radio"/>否</p>
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）	<p>单场景模型面数：900000 个； 贴图分辨率：1920px * 1080px； 每帧渲染次数：30calls； 动作反馈时间：1000ms； 显示刷新率：30FPS； 分辨率：1920ppi * 1920ppi 其他：无</p>

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	在桥梁振动监测的基础上，持续补充建设相关实验项目，包括对其他土木工程项目的监测，系统建设土木工程监测方面的虚拟仿真项目。
第二年	本项目主要适用于土木工程专业、交通工程专业，首先用于本校相关专业的实验教学，优先推广至受本校支持建设教学实验室的高校，帮助其完成线上线下混合式教学模式的改革，接着向省内其它相关院校进行推广应用。；
第三年	本项目将依托国家级土建类虚拟仿真实验教学平台，积极与政府、企业等合作，交流社会对虚拟仿真项目的需求，以及其他院校的经验，在对本项目不断完善的基础上，拓展其使用范围和场景。
第四年	持续推进虚拟仿真实验项目持续稳定运营。

第五年	持续推进虚拟仿真实验项目持续稳定运营。			
其他描述：				
无				
(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	1	80	1	50
第二年	3	180	1	50
第三年	5	400	1	50
第四年	6	480	2	100
第五年	8	640	2	100
其他描述：				
无				

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	桥梁动态位移计算机视觉监测虚拟仿真实验软件
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
浙江大学	<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
软件著作登记号	2020SR0764420

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。）

[取消确认](#)

第二批国家级一流本科课程推荐