

附件 2

2018 年度国家虚拟仿真实验教学项目申报表

学 校 名 称	同济大学
实 验 教 学 项 目 名 称	钢结构基本原理 虚拟仿真教学实验
所 属 课 程 名 称	钢结构基本原理
所 属 专 业 代 码	081402
实验教学项目负责人姓名	罗晓群
实验教学项目负责人电话	13816372854
有 效 链 接 网 址	http://tmxg.tongji.edu.cn/SteelVR/

教育部高等教育司 制

二〇一八年七月

填写说明和要求

1. 以 Word 文档格式，如实填写各项。
2. 表格文本中的中外文名词第一次出现时，要写清全称和缩写，再次出现时可以使用缩写。
3. 所属专业代码，依据《普通高等学校本科专业目录（2012 年）》填写 6 位代码。
4. 涉密内容不填写，有可能涉密和不宜大范围公开的内容，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	罗晓群	性别	男	出生年月	1976. 01
学 历	研究生	学位	博士	电话	021-65980644
专业技术职务	副教授	行政职务	无	手机	13816372854
院系	土木工程学院 建筑工程系			电子邮箱	luoxiaoqun@tongji.edu.cn
地址	上海市四平路 1239 号			邮编	200092
<p>教学研究情况：主持的教学研究课题（含课题名称、来源、年限，不超过 5 项）；作为第一署名人在国内外公开发行的刊物上发表的教学研究论文（含题目、刊物名称、时间，不超过 10 项）；获得的教学表彰/奖励（不超过 5 项）。</p> <p>教学研究课题： 2018 年精品实验项目——钢结构基本原理虚拟教学实验，校级，2 年 2018 年实验教学中心建设——钢结构虚拟仿真实验，校级，1 年 2017 年实验教学中心建设——钢结构虚拟仿真实验，校级，1 年</p> <p>教学论文： 《建筑钢结构设计》动画课件开发研究，高等建筑教育，2012</p> <p>教学奖励： 2018 年度韩国龙二等奖教金，校级 2017 年度坚朗奖教金，系级 2017 年度同济大学继续教育学院优秀教师奖教金，院级</p>					
<p>学术研究情况：近五年来承担的学术研究课题（含课题名称、来源、年限、本人所起作用，不超过 5 项）；在国内外公开发行刊物上发表的学术论文（含题目、刊物名称、署名次序与时间，不超过 5 项）；获得的学术研究表彰/奖励（含奖项名称、授予单位、署名次序、时间，不超过 5 项）</p> <p>研究课题： 十三五科技支撑计划项目，钢结构建筑产业化关键技术及示范，低多层墙承重模块化建筑体系，2017-2021，子课题负责人</p> <p>科研论文： 1 既有索膜结构检测方法与工程应用. 施工技术，2018，通讯 2 TMD 在钢结构人行桥减振中的应用分析. 建筑结构，2017，通讯</p>					

3 预制混凝土梁端预埋槽钢节点静力性能试验. 同济大学学报, 2017, 通讯 4 铝合金芯板防屈曲耗能支撑滞回性能研究. 建筑结构学报, 2015, 通讯 5 新型铝合金耗能支撑屈曲约束条件研究. 振动与冲击, 2014, 通讯 科研奖励: 1 大跨度张弦结构成套技术研究和创新工程实践, 中国建筑学会科技进步奖一等, 2016, 4 2 大跨度张弦结构体系设计技术研究和创新应用, 上海市建筑学会科技进步奖一等, 2016, 4						
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 (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	罗晓群	同济大学	副教授	无	全面负责	在线
2	王伟	同济大学	教授	副系主任	要求和审核	在线
3	郭小农	同济大学	副教授	无	轴压实验	在线
4	蒋首超	同济大学	副教授	无	连接实验	在线
5	杨彬	同济大学	副教授	无	建造实验	在线
1-2-1 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	周锋	同济大学	副教授	无	在线教学	在线
2	方成	同济大学	副教授	无	在线教学	在线
3	陈以一	同济大学	教授	无	指导和审定	
4	郭璇	诺亦腾	高工	总裁助理	开发负责	技术
5	刘晨阳	诺亦腾	工程师	无	项目经理	技术
6	丛鑫	诺亦腾	工程师	无	项目助理	技术
7	李体雷	诺亦腾	工程师	无	系统开发	技术
8	邹家敏	同济大学	硕士研究生	无	轴压实验	
9	王宏宇	同济大学	硕士研究生	无	连接实验	
10	张晋	同济大学	硕士研究生	无	建造实验	
11	张锦东	同济大学	硕士研究生	无	设备维护	
项目团队总人数: 16 (人) 高校人员数量: 12 (人) 企业人员数量: 4 (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

钢结构基本原理虚拟仿真教学实验

2-2 实验目的

学生通过虚拟仿真实验加深对钢结构基本概念和基本理论的理解,训练学生钢构件、钢结构连接的实验技能,了解钢框架结构建造全过程和节点细节构造,培养学生的创新意识。

2-3 实验原理(或对应的知识点)

知识点数量: 18(个)

实验 1: 工字形轴心受压构件整体稳定

- (1) 工字形轴心受压构件失稳模式
- (2) 工字形轴心受压构件承载能力计算
- (3) 工字形轴心受压构件实验关键测试指标和测点布置
- (4) 轴心受压构件实验分级加载制度
- (5) 轴心受压构件实验加载过程细观和宏观应力和变形
- (6) 荷载-应变曲线绘制, 荷载-位移曲线绘制

实验 2: 高强螺栓连接板剪切承载力实验

- (1) 高强螺栓连接板剪切破坏模式
- (2) 高强螺栓连接板剪切承载能力计算
- (3) 高强螺栓连接板剪切实验关键测试指标和测点布置
- (4) 连接板剪切实验分级加载制度
- (5) 连接板剪切实验加载过程宏观变形和测点应力变化
- (6) 荷载-应变曲线绘制, 荷载-位移曲线绘制

实验 3: 钢结构建造及节点构造展示实验

- (1) 钢结构横向框架主构件
- (2) 钢结构纵向体系构件及支撑
- (3) 钢结构纵向体系布置

- (4) 工字钢梁和工字钢柱强轴连接节点构造
- (5) 工字钢梁和工字钢柱弱轴连接节点构造
- (6) 钢屋架典型节点构造（屋脊、支座、端部）

2-4 实验仪器设备（装置或软件等）

硬件设备：

- (1) 光学摄像头:Prime13（8 个）
- (2) 头戴式可视设备：Oculus CV1（4 台）
- (3) 捕捉手柄控制器：诺亦腾手柄（4 个）
- (4) 电脑：联想 Y710（5 台）
- (5) 控制接收器：Mayflash Dolphine bar（2 个）
- (6) 捕捉定位设备：扫场杆 CW-500，地面标定杆 CS-200
- (7) 追踪点及定位刚体 markers（90 个）
- (8) Lagecy 定向传感器设备（1 套）

软件系统：

- (1) 虚拟现实解决方案：Project Alice

2-5 实验材料（或预设参数等）

3 个 VR+动捕实验体验软件：

工字形轴心受压构件整体稳定

高强螺栓连接板剪切承载力实验

钢结构建造及节点构造展示实验

2-6 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)

本实验通过虚拟仿真+动作捕捉的技术手段实现。

学生通过虚拟仿真实验加深对钢结构基本概念和基本理论的理解，目的是在虚拟场景中实现动手过程，通过对实验关键步骤设计捕捉环节，强调了沉浸体验，

加固了实验关键知识点情景记忆；通过虚拟仿真手段，近距离观察实验现场，通过云图手段表现实验细观现象，打破时空界限，破除物理边界，避免实验危险性，短时间内全空间方位体验实验全过程。

以高强螺栓连接板剪切实验为例，此实验发生螺栓剪切断裂破坏，构件损伤具有一定危险性，学生无法近距离观察实验现象。通过虚拟仿真+动捕实验，完全避免了实验的危险；学生可捕捉试件在眼前体验螺栓剪切破坏或连接板挤压变形的连续变化过程，观察破坏位置的变形情况和应力云图；学生可捕捉测点显示该点位置的荷载-应力云图过程。

再以钢结构建造过程实验为例，现场实习只能了解某个时间点的结构状态，视频录像也难以做到多时间多空间角度反映各个建造过程。通过 VR 技术，可破除物理边界，打破时空界限，全角度浏览；同时通过动捕技术，实现学生与建造过程的互动，捕捉关键节点，逐步展示构造细节。

2-7 实验方法与步骤要求（学生交互性操作步骤应不少于 10 步）

（1）实验方法描述：

本项目目前包括两大类共 3 个实验内容。

第一类为构件和连接实验，2 个实验内容的实验方法和步骤类似，实验方法如下：

- 1) 与传统演示和自主实验相同，学生应选择虚拟实验试件库中的构件和连接板进行预分析，对实验试件破坏模式、承载能力进行估算；
- 2) 进行实验设计，除构件外，包括支座设计、加载装置设计、加载制度设计、测点布置等；
- 3) 按预设计选定内容选择实验种类，选择试件，按加载制度进行加载实验，捕捉纤维，观察纤维应力变化；捕捉测点，考察测点荷载-变形曲线，荷载-应力曲线；捕捉构件，近距离考察构件变形失稳过程及连接破坏形态。

第二类为钢结构建造和节点构造实验，1 个实验内容，实验方法如下：

- 1) 学生预习或复习单层厂房钢结构横向框架体系、纵向框架体系、普通钢屋架等结构体系；焊接和螺栓连接等钢结构基本知识；
- 2) 浏览和漫游钢结构场地，体验结构体系的搭建过程，捕捉典型节点，近距离观察节点的构造、爆炸后的重新组装过程。

(2) 学生交互性操作步骤说明：

- 1) 启动实验环境，调试头戴显示设备和互动手柄与光学捕捉定位系统的连接，确认硬件工作正常；启动内容软件，确认实验内容演示正常。
- 2) 学生根据安排站立指定的体验位，调节头戴显示设备，确认工作正常；按手柄确认键弹出气球并击落，确认手柄工作正常。
- 3) 教学位体验者按 Home 键启动实验
- 4) 手柄确认实验内容选择
- 5) 手柄确认试件/连接件选择
- 6) 手柄确认选择加载装置
- 7) 手柄确认测点布置，试捕捉测点
- 8) 手柄捕捉构件/连接件，观察体验者附近的构件变形
- 9) 手柄选择构件纤维，近距离体验实验加载过程的应力应变变化；
- 10) 手柄选择测点，图表体验实验加载过程中的实验曲线；
- 11) 手柄选择节点，三维爆炸体验节点构造及 360 度节点体验。

2-8 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：

2-9 考核要求

1 考勤和实验过程质疑 40%

2 实验报告 60%

2-10 面向学生要求

(1) 专业与年级要求

土木工程专业本科，三年级

对土木工程专业知识感兴趣或具备一定专业知识储备学生的认识实习

(2) 基本知识和能力要求等

钢结构基本原理课程同步

认识实习

2-11 实验项目应用情况

(1) 上线时间： 2017 年 9 月

(2) 开放时间： 2017 年 9 月

(3) 已服务过的学生人数： 500

(4) 是否面向社会提供服务： ☒是 ☐否

3. 实验教学项目相关网络要求描述

3-1 有效链接网址

<http://tmxg.tongji.edu.cn/SteelVR/>

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)

客户端到服务器为局域网, 服务器需要 10 兆带宽

(2) 说明能够提供的并发响应数量 (需提供在线排队提示服务)

1 个服务器

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: Windows10

(2) 其他计算终端操作系统和版本要求: Windows10

(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)

Oculus runtime、hybrid data sever、hybrid data agent、内容软件
不提供软件下载。

3-5 用户硬件配置要求 (如主频、内存、显存、存储容量等)

(1) 计算机硬件配置要求

CPU: Intel i5 及以上配置

内存: 16G

显存: 8G

存储容量: 128G

(2) 其他计算终端硬件配置要求

显卡: 1070 及以上

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

头戴显示器：Oculus CV1

手柄控制器：诺亦腾自产手柄

（2）其他计算终端特殊外置硬件要求

IMU 接受天线

手柄蓝牙接收器

4. 实验教学项目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		
实验教学项目	开发技术（如：3D 仿真、VR 技术、AR 技术、动画技术、WebGL 技术、OpenGL 技术等）	VR 技术
	开发工具（如：VIVE WAVE、Daydream 、 Unity3d 、 Virtools 、 Cult3D 、 Visual Studio、Adobe Flash、百度 VR 内容展示 SDK 等）	Unity 5.5.2p4
	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）	每秒渲染帧数:75 fps 贴图最高分辨率:2048×2048 分辨率:2160×1200
管理平台	开发语言（如：JAVA、.Net、PHP 等）	C#
	开发工具（如：Eclipse、Visual Studio、NetBeans、百度 VR 课堂 SDK 等）	Visual studio
	采用的数据库（如：HBASE、Mysql、SQL Server、Oracle 等）	无

5. 实验教学项目特色

(体现虚拟仿真实验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：

本实验的总设计思路是通过 VR 再现演示实验场景，通过捕捉方法让学生在虚拟环境中自主参与实验。做到不仅在虚拟环境中看实验，而且在虚拟环境中做实验。

依托目前强大的结构计算分析手段，设计多个实际构件，考虑实际缺陷，进行精细化的数值模拟；依托目前 BIM+Navisworks 技术手段，细致设计精细化的钢结构装配流程。虚拟现实实验设计是依托精确的计算和设计进行，所有实景展示立足详细的数力分析。

依托北京诺亦腾科技有限公司国际领先的 Project Alice 的 VR 教学实验室套件，以 VR 和动作捕捉技术为基础，设计了虚拟仿真实验内容。与传统 VR 实验相比，本实验突出了体验者的沉浸交互和可操作的个性体验。

(2) 教学方法：

本实验项目是传统演示实验和实物自主实验的拓展和补充。在虚拟场景外的实验预分析和实验后的实验报告整理仍然在完成本实验的基本要求中。

在虚拟仿真实验中，目前强调的是原实验过程、原实验现象以及实验过程中微观的实验现象和实验结果的再现。与演示实验相同，在体验控制者（教师）及体验参与者之间可以暂停实验进行互动讨论，再从虚拟实验中印证实验现象；也可以完整体验实验现象，并捕捉局部现象进行细致观察。

(3) 评价体系：

本实验项目没有改变现有钢结构实验平台的评价体系。

(4) 传统教学的延伸与拓展:

虚拟现实 (VR) 实验平台是虚拟现实技术辅助教学的产物, 它通过将虚拟现实的强大沉浸感、打破时空概念和破除物理边界的能力带入实际教学中, 让学生产生深刻的情景记忆来增强学习效率。

一方面, 在虚拟世界中用三维视角理解知识。学生可以走到现实情况不可达到的位置进行三维理解, 教师可通过“理想”的最佳角度向同学展示现实情况不可观察的内容。比如, 在本项目中, 轴心受压构件稳定实验和连接板剪切实验不仅可以考察实验现象, 而且可以捕捉构件局部细节进行微观和细观的观察; 在钢结构建造和节点构造演示实验中, 学生可以捕捉节点“把玩”, 分解和组装节点。

另一方面, 虚拟实验一旦制作完成, 无物理资源成本消耗, 可反复学习、持续更新。在虚拟世界中能直接将知识应用于实践, 不受现实环境限制, 充分发挥创造性, 在虚拟世界中用游戏案例结合基本原理方式将不同知识点设计在虚拟场景实验中。

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, 包括面向高校的教学推广应用计划、持续建设与更新、持续提供教学服务计划等, 不超过 600 字。)

(1) 持续建设与更新:

1) 实验完善。尽管为实验实现准备了大量的数值算例, 但实验依然有大量需要完善的内容。一方面, 实验内容需要拓展, 如考虑不同构件形式、不同失稳模式, 不同连接破坏, 不同结构体系。另一方面, 现有的实验内容增加体验路径, 既有正确实验过程的体验, 也要设计实现错误实验的现象, 实现实际实验过程中不可体验的内容。

2) 实验案例。以实验知识点为基础, 设计体验游戏。模拟结构建造、模拟

游戏场景，如结构的大跨度跨越，结构构造猜想，结构承受地震、大风等情景下的“游戏”通关等。

3) 实验简化。本实验项目不是互联网上网项目，需在 VR 实验室体验。后期可通过降维处理简化实验硬件要求，实现实验内容上网，体现更多公益服务。

(2) 面向高校的教学推广应用计划：

多家高校建立了虚拟仿真实验教学中心，各个虚拟仿真实验都具备自己的特色。一方面，本实验项目与校内外实验平台相互开放实验项目，相互体验，取长补短；另一方面，本实验项目开放实验平台，允许其他仿真实验在 Project Alice 系统下增加实验内容，扩充实验项目。

(3) 面向社会的推广与持续服务计划：

本实验项目虚拟体验不是互联网上网项目，需在 VR 实验室体验。目前条件下，拟建立推广网站介绍体验实验内容，提供多种预约体验方式：

1) 参与中学生结构赛、中学生进校园等已有活动，向对土木工程专业有兴趣的学子提供体验平台；

2) 定期提供网络预约体验服务；

3) 实验简化，逐步提供网上体验实验内容。

7. 诚信承诺

本人已认真填写并检查以上材料，保证内容真实有效。

实验教学项目负责人（签字）：

2018 年 9 月 4 日

8. 申报学校承诺意见

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

本虚拟仿真实验教学项目如果被认定为“国家虚拟仿真实验教学项目”，学校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。

（其它需要说明的意见。）

主管校领导（签字）：

（学校公章）

年 月 日