

附件 1

2019 年度山西省虚拟仿真实验教学项目申报表

学 校 名 称	太原科技大学
实 验 教 学 项 目 名 称	高温高压反应釜生产碳酸甘油酯及 安全性分析模拟仿真
所 属 课 程 名 称	化学反应工程
所 属 专 业 代 码	081301
实验教学项目负责人姓名	薛永兵
实验教学项目负责人电话	13834583871
有 效 链 接 网 址	http://hxgc.tyust.edu.cn/info/1146/3799.htm

山西省教育厅 制

二〇一九年三月

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	薛永兵	性别	男	出生年月	1971.04
学历	博士研究生	学位	博士	电话	0351-6938165
专业技术职务	副教授	行政职务	副院长	手机	13834583871
院系	化学与生物工程学院			电子邮箱	tykjdxxyb@163.com
地址	义井街道旧晋祠路南二段 264 号			邮编	030024
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）。 一、教学研究课题 山西省教育厅教研项目，J2016070，化学工程与工艺专业核心课程群建设的研究，2016.01-2018.12，已结题，主持； 山西省软科学研究项目，2018041043-1，创新大赛对激发大学生创新活力的机制研究，2018.12-2020.12，在研，主持。 二、教学研究论文 1. 第一作者，从知识点设计化学工程与工艺核心课程教学的一点思考，中国教育教研，2015，8(4):6-8 2. 第一作者，大学生学科竞赛引领创新型人才培养的研究与实践，教育现代化，2016，37(12):3-6 3. 薛永兵主编，能源与化学工程专业实验指导书，科学技术文献出版社，北京，2017					
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）。 一、学术研究课题 1. 山西省自然科学基金项目，201601D102011，煤温和液化沥青烯结构调控及其改性道路沥青机理的研究，2016.12-2018.12，在研，主持； 2. 山西省自然科学基金项目，2012011008-3、废旧轮胎与煤共处理产物改性石油沥青的机理研究、2012/01-2014/12、结题、主持； 3. 中国科学院山西煤炭化学研究所合作项目，201212、SCR催化剂的分析表征、2012/12-2013/12，结题、主持； 4. 交通运输部公路科学研究院科技创新项目，2018-E0001 利用煤液化残渣制备高性能道路沥青的关键技术，2018.11-2019.11，在研，子课题负责人。 二、学术论文 (1)Yongbing Xue, Shixin Li, Zefeng Ge, et al. Application of mathematical model for the process of coal tar pitch modified petroleum asphalt [J]. Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects, 2019 ,41 (14): 1752-1761; (2)Yongbing Xue*,Zefeng Ge, Fengchao Li, et al. Modified asphalt properties by blending petroleum asphalt and coal tar pitch[J]. Fuel. 2017,207: 64-70					

(3)Xue Yongbing *, Li Bingzheng. Study of oils from co-processing of coal and petroleum catalytic cracking slurry[J]. Journal of the Indian Chemical Society, 2013, 90(12): 2275-2278.

(4)Xue Yongbing *, Wang Zhiyu, Li Bingzheng, et al. Co-processing petroleum catalytic slurry with coal[J]. JOURNAL OF COAL SCIENCE & ENGINEERING. 2013,19(4):554-559.

(5) 薛永兵*, 凌开成. 溶剂对煤液化影响的研究[J]. 燃料化学学报. 2012, 40(11): 1295-1299

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	薛永兵	太原科技大学	副教授	化工学院副院长	配件组装实验	在线教学
2	宋素芳	太原科技大学	讲师	过程控制专业负责人	反应釜爆破实验	在线教学
3	孟涛	太原科技大学	讲师	无	虚拟仿真平台构建	技术支持
4	刘振民	太原科技大学	讲师	化学专业负责人	基础实验	在线教学
5	杨艳	太原科技大学	副教授	无	网站建设	技术支持

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	王远洋	太原科技大学	教授	化工学院院长	反应釜安全性评测	在线教学
2	吴 昀	太原科技大学	中级实验师	实验中心负责人	实验过程控制	在线教学
3	贾士芳	太原科技大学	副教授	教学系统负责人	仿真平台构建	技术支持
4	温卫中	太原科技大学	副教授	网络系统负责人	网站建设	技术支持

项目团队总人数：（9 人）高校人员数量：（9 人）企业人员数量：（0 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

高温高压反应釜生产碳酸甘油酯及安全性分析模拟仿真

2-2 实验目的

本项目依托太原科技大学化学与生物工程学院省级实验教学示范中心和太原科技大学化学与生物工程学院自动控制实验室开展实验教学项目和虚拟平台开发维护等实验教学研究工作的。

二氧化碳和甘油经高温高压催化合成碳酸甘油酯的仿真实验是化学工程与工艺、能源化学工程、制药工程等专业开设的专业综合性实验课题之一。化工生产过程由于工艺复杂、实验设备零部件和装调流程复杂多样、处理物料往往为危险性物质、且单元操作条件苛刻等因素，在实际生产中潜伏有众多不安全因素，发生事故的可能性及造成的后果均较为严重。尤其是“高压反应釜”内催化的反应，由于其特定的压力和温度控制的要求，对其进行安全使用和规范操作的培训尤为重要；同时二氧化碳和甘油经高温高压催化的实验又存在有实验设备成本高、占用空间大、实物实训的设备难以达到人手一台等问题，使得学生实践无法得到保证；再加之教师无法在实验项目进展过程中兼顾所有学生的实践，设备安全使用检测无法得到保障，也进一步削弱了实践教学的效果。以上均导致由二氧化碳和甘油直接合成碳酸甘油酯的实验较难开展。

结合近年各高校招生规模的扩大，许多工科高等院校均面临教学场所拥挤及专业实验仪器设备数量明显不足等问题。因此，在化工类专业引入虚拟仿真技术，设置高危险(如爆炸、高污染)、不可逆操作(如工业规模装置的开、停车)、高成本、高消耗等大型综合类实训项目，并在网络平台上实现共享成为必然趋势。

本虚拟仿真实验系统使用实物模型、虚拟与现实结合、多媒体手段与人机互动结合、云平台数据储存以及数据库和网络通讯相结合的方法。根据“能实不虚、虚实结合”和“以虚辅实”的原则，构建二氧化碳和甘油直接合成碳酸甘油酯的仿真教学系统，向学生提供能随时随地进行虚拟仿真的实验条件，保证学生在安全、环保、节能的实验环境中获得与真实生产相近的体验；既让学生掌握到了实践中必须具备的技术，同时又保障了学生人身安全,教师将获得事半功倍的教学效果。本项目具体实验目的为：

- 1) 了解高温高压反应釜结构及催化反应机理；
- 2) 掌握电阻应变片原理及其使用方法；
- 3) 实测并评定爆破片的爆破压力。

2-3 实验原理（或对应的知识点）

由二氧化碳和甘油直接合成碳酸甘油酯实验涵盖整个化工相关专业教学中的多门课程实践的要求，为学生学习专业基础和专业课程起到承前启后的作用。进一步在实际反应过程中电阻应变片和爆破片的应用是二氧化碳和甘油催化生成碳酸甘油酯过程中重要的安全环节之一。本实验在催化生产碳酸甘油酯的工艺原理基础之上结合电阻应变片受力分析和爆破片安全防护等内容为学生掌握相应知识点提供指导，结合以上本实验重点包括以下知识点：

- 1) 认识高温高压反应釜的结构，掌握其使用方法；
- 2) 掌握催化剂制备及催化反应的过程；
- 3) 掌握产物分析方法；
- 4) 实验过程中电阻应变片组装，及评价分析电阻应变片受压能力；
- 5) 实验过程中反应釜内爆破片的正确组装；测量爆破时的爆破压力值，测定爆破片爆破后的形态。

2-4 实验仪器设备（装置或软件等）

高温高压反应釜、电阻应变片安装测试、爆破压力值测试等相关内容虚拟仿真软件，数据服务平台、个人客户终端等。

2-5 实验材料（或预设参数等）

课堂实验内容

1) 反应釜装配图纸；2) 电阻应变片及测试装置；3) 爆破片装置；4) 催化反应机理。

高压高温反应釜虚拟实训平台

知识点管理系统：培训素材（含反应釜装置视频、图片、动画、文档等）。

教师首先利用 web 平台或手机学习通等统一布置自学内容。要求学生通过 PC、手机或平板等移动设备，依次浏览系统中包含的所有知识点，了解催化机理并对实验过程具体操作和注意事项进行自学。进一步学生扫描二维码进行虚拟仿真实训。最后知识点回顾，学习效果评价。

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）

课前预习：为了使能够更好的学习催化反应机理并了解实际工厂中反应

釜操作等。在课前预习环节，要求学生掌握催化原理、产物分析以及对反应釜结构有一定形象认识，进一步基于二氧化碳和甘油直接合成碳酸甘油酯的仿真软件系统，在理论教学和实训之间搭建起一个过渡“桥梁”，有效解决理论教学与实物实训难以有效融合的问题，提升精细化学品合成相关知识与实训操作的效率和效果，优化学生的学习体验。

同时通过原理的学习和了解软件基本操作，学生可以预知工艺难点，使教学过程生动、内容丰富；后台的教师账号还可以及时关注学生的学习情况，教学管理更高效、效果更精准。

实践项目教学：课堂教学采用翻转课堂模式。通过本虚拟平台的仿真教学系统，聚合“教、学、练、考、管、评”等完备的教学功能，使学生专注于高压釜反应过程，细节性学习和实践电阻应变片、爆破片工作原理，同时主动提出问题，小组间共同讨论提出解决问题，从而实现教学过程的“闭环控制”，学生可以理解更深层次的课程内容。老师将进一步解释核心内容，学生将自学过程中发现的问题向老师提问。翻转式教学模式，结合仿真实验引入课堂，使学生可以自主规划学习内容、学习节奏；教师则采用引导式和辅助式来满足学生的学习需求。

本实验项目的目标是让学生以第一视角体验与交互式对催化实验原理，高温高压反应釜的使用等进行教学，促成了学生自主学习能力的培养，同时扩展了学生可视化学习碳酸甘油酯生产工艺的实践能力。云平台还将对学生的操作痕迹(如是否按照实验步骤操作、是否符合操作规范)等进行形成性评价，使学生成绩评定更合理化。

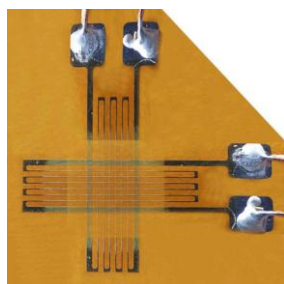
课后复习及测试：学生通过虚拟仿真软件进行实训练习及交互操作、提交实验报告，同时学习结束后安排有相应测试题目。进一步实验结束后授课教师布置有对应考核内容及再次进行仿真实践。三步走的复习手段，帮助学生更加深入的理解所学知识和运用所学知识，知识要点掌握牢固。

实施结果：通过“理、虚、实”一体化的教学方式，不仅大幅度提高理论与实验教学的效果，提高学生对虚拟实验中心催化剂的制备过程的了解；并牢记高温高压反应釜的操作步骤，而且保证学生操作正确、规范，大幅度提高实验正确性与效率，弥补实验在教学资源，设备，流程方面的不足。

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） 本仿真实验所需具体实验设备有：反应釜耐压测试仪，数字式应变数据采

集仪（型号：WS-3811N），应变片，爆破片。



(a) 电阻应变片



(b) 耐压测试仪



(c) 应变数字采集仪



图 1 实验测试设备

(2) 实验方法描述：

首先进行催化剂的制备；第二步按步骤进行反应釜处理和装置组装，设置反应参数；第三步装置组装好后安装于压力容器法兰上，然后进行虚拟爆破实验，最后实验数据处理。

(3) 具体实验步骤及学生交互性操作步骤说明：

第一部分 催化反应机理介绍

在设定温度和压力下，在催化剂活性位点上，甘油和 CO_2 直接反应合成碳酸甘油酯，考察催化剂制备条件、反应工艺条件对合成反应的影响。反应步骤如下所示：

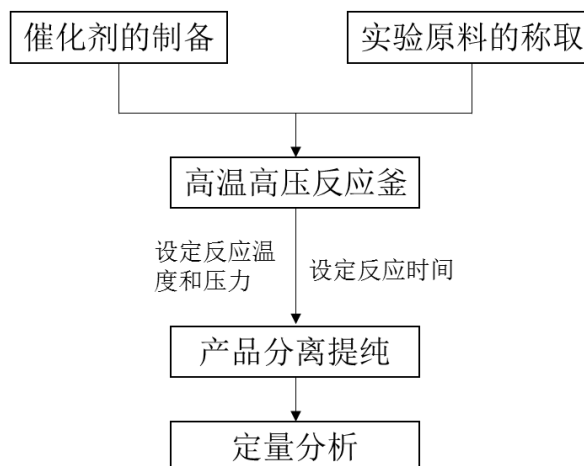


图 2 甘油和 CO₂ 催化生成碳酸甘油酯实验流程

第二部分 预备实验，反应釜表面的处理

用砂轮（本实验采用砂纸代替）除去反应釜表面的油污、漆、锈斑等，并用细纱布交叉打磨出细纹以增加粘贴力，用浸有酒精和丙酮的纱布片或脱脂棉球擦洗。以便随后使应变片能够与外壁紧密结合，打磨完毕后将罐身清洗干净、晾干。

以下为虚拟平台反应釜结构图。

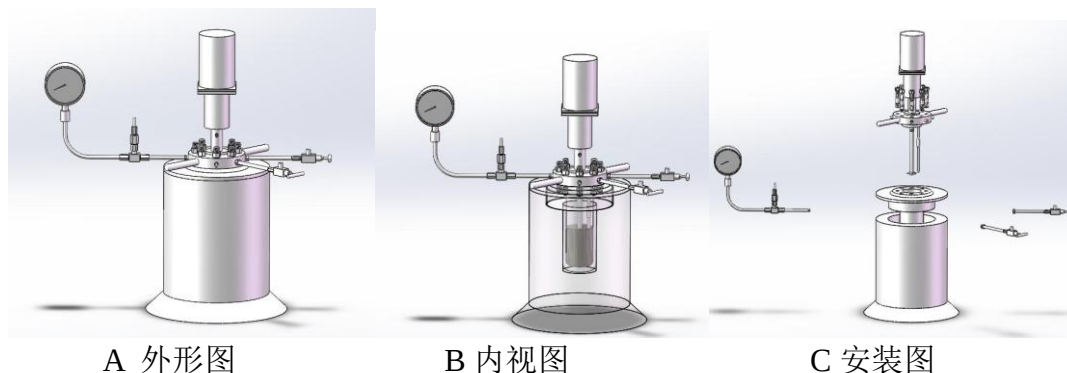


图 3 反应釜结构图

第三部分 电阻应变片的安装及压力测试

一、电阻应变片的粘贴

将处理好的反应釜放在光线好的桌面上，在反应釜身中部需要贴应变片的部位涂以胶水，将准备好的应变片放在上面。

学生交互性步骤第一步：放应变片时，判断应变片的粘贴方式。正确步骤为：应变片一面与胶水接触，然后慢慢将应变片平放，使其一面与胶水接触，紧紧压实。试验需要测量两个方向上的应变，应变片垂直于罐身中轴线，并在 0° 和 90° 节点上连接导线。

二、连接实验设备

- 检查反应釜是否有损坏；
- 将贴好应变片的反应釜装入罐体耐压测试仪，期间注意对应变片的保护。(学生交互性步骤第二步)；
- 依次连接动数字式应变数据采集仪、记录用电脑；
- 将罐身应变片上的两根导线分别连接到采集设备的两个接口上，Y 方向连接采集器第一通道，X 方向链接采集器第二通道(学生交互性步骤第三步)；

- e) 在合适位置粘贴接线板，将导线与应变片引线连接；
- f) 用万用表测量应变片在粘贴过程中是否损坏及线路连接是否正确；
- g) 将导线接在应变桥盒上。注意不要把端子扯断；
- h) 检查无误打开测试系统开关，打开采集软件，调整零点(学生交互性步骤第四步)。

三、压力测试

将反应釜耐压测试仪的实验压力分别设为 2 MPa、3 MPa、4 MPa、5 MPa、6 MPa，采集相应的实验数据。

- a) 先接好地线，带好绝缘手套，穿上绝缘鞋子，以便于自身安全。
- b) 先用 H.V（红线高压输出）接适配器初级 220V 输出。
- c) 再用 Return（黑线高压低端）接适配器次级 19V 输出。
- d) 设置漏电量为下限 0.1mA，上线 3mA，时间设定为 1-4S，电压设置根据产品规格书以及国标设置 3000V 到 3750V 之间都可，绝缘电压设置 500V，时间设定 1-4S，阻值设定为大于 100M 欧

e) 打开开关按钮，然后按 TES 按照预设的测试压力（MPa、3 MPa、4 MPa、5 MPa、6 MPa）进行测试，测试完按 RESET 复位，若需要再次测试，再按 TEST。

f) 在进行耐压测试时应从低到高缓慢调节电压旋钮使输出电压至选定值，严禁在被测物品或输出端已经短路的情况下，采用突然施加高压的方式进行短路实验，以免发生意外和损坏仪器。在需要进行定时测试时，应首先预置好门限值、电压值和时间后，仪器必须复位，妥善接上被测物品后，才能按下启动键进行测试，测试完毕等仪器复位并断开高压输出后，才能进行其它操作

g) 测试完毕后，先关电源按钮，再拔掉电源插头，再拆除接的各种线。

h) 若测试成品笔记本，电源适配器次级 19V 接笔记本电源接口，红线高压输出端接适配器初级 220V 输入，再用一条 USB 线接电脑的 USB 接口，然后耐压仪的黑线高压低端接 USB 线的另外一个接口，然后进行 TEST。

四、设置采集参数

启动应变仪采集程序，本课题使用低速数据采集。点击创建标定文件，建立两个通道，每个通道的转换数值均设为 1000，以统一最终数量单位。采集时间

为设置为 9s(学生交互性步骤第五步)。



图 4 高温高压反应釜应力应变测试过程

第四部分 反应釜爆破片组装及测试实验

一、爆破片装置组装：

- a) 检查夹持器是否有损坏；
- b) 把夹持器放在平台上，下夹持器缺口朝上(学生交互性步骤第六步)；
- c) 把爆破片放在夹持器上，拱面朝上；
- d) 放好上夹持器，标牌上泄放方向箭头朝上，并使上下夹持器侧面螺钉孔对齐(学生交互性步骤第七步)；
- e) 用连接板把上下夹持器连接好。

二、爆破片装置安装：

- a) 检查安装爆破片装置的螺栓螺母是否可以用手轻松拧动；
- b) 放好垫片后，将爆破片装置放在实验装置下法兰上，标牌上泄放方向箭头朝上(学生交互性步骤第八步)；

- c) 放好上法兰，将螺母用手均匀拧紧；
- d) 使用扭力扳手，用十字形模式分四次拧紧螺栓，分别为 20 [N M]、45 [N M]、60 [N M]、63 [N M]，沿顺时针方向再将每个螺栓拧紧一遍(学生交互性步骤第九步)；
- e) 将下法兰同爆破片装置安装在立式实验容器法兰上，均匀用力旋紧螺母；
- f) 装上有机玻璃防护罩，均匀用力旋紧螺母(学生交互性步骤第十步)。

三、反应釜爆破测试

- a) 启动计算机，打开实验程序，进入爆破片实验程序；
- b) 打开电动调节阀，将水泵运行设置成变频运行方式，按下主水泵启动按钮，启动变频器(学生交互性步骤第十一步)；
- c) 顺时针旋转压力调解旋钮，是主水泵开始运转，将加压罐内充满水，按下主水泵关闭按钮，关闭主水泵，同时关闭出口阀，关闭加压罐旁边的也为测量装置的两个阀门。
- d) 点击开始，输入姓名，组别，按确定；
- e) 点击记录按钮；
- f) 顺时针旋转压力调节旋钮，用主水泵给加压罐缓慢加压，直至爆破片发生爆破为止(学生交互性步骤第十二步)；
- g) 试件爆破后，迅速按下主水泵关闭按钮，关闭主水泵，将压力调节旋钮回零，最后取出试件。点击退出。

另外每个操作环节还将设置 3-5 个违规操作导致的隐患，让学生去分析和查找问题，多做事故处理预案，强化安全生产的理念，进一步掌握完整的高温高压反应釜安全生产碳酸甘油酯的设计思路。

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：

学生在云平台上按实验要求,完成反应釜组装、电阻应变片安装及测定受力、超压后反应釜爆破片泄压测试共三大模块实验内容,完成在线催化机理基础知识的学习,最终培养分析实验结果并提出改进方案的能力。

2-9 考核要求

本虚拟仿真实验项目,要求学生掌握催化剂制备方法、高温高压反应釜的操作和催化反应过程测试等。基本考核方式:云平台打开后,切换到考试功能时,系统会弹出输入窗口要求用户输入姓名和学号。在输入完信息后,则进入考试界面,根据学生的操作对其进行打分。

本虚拟仿真实验项目,重点考核学生三个层次的掌握能力。第一层次是检验学生对于基础理论和基本安全操作技能的掌握程度,通过学生学习的时间和操作熟练程度进行考核评分。第二层次,考核学生分析和解决工程实际问题的能力,包括对安全、环境等综合能力的考察,实验数据处理过程的考察等,评价对学生是否具备排除异常情况,以及实验结果分析是否合理等进行考核评分。第三层次,主要考核学生解决复杂工程问题的综合能力,包括学生分析问题、解决问题、项目管理等相关能力。

2-10 面向学生要求

(1) 专业与年级要求

化学工程与工艺、能源化学工程、制药工程、过程装备与控制工程等大三学生。

(2) 基本知识和能力要求等

具备化工原理基础,化学催化剂制备、反应釜操作和催化反应过程等基础知识;了解压力容器应用、结构和原理;了解化工设备设计以及化工安全生产知识;具备化工专综合性实验技能和分析能力;初步掌握化工计算与模拟以及常用计算软件等能力。

2-11 实验项目应用情况

(1) 上线时间 :

(2) 开放时间 :

(3) 已服务过的学生人数:

(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://hxgc.tyust.edu.cn/info/1146/3799.htm
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） 20M 以上 (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） 4000
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 Windows server2008 及以上 (2) 其他计算终端操作系统和版本要求 Windows7 及以上，要求安装 Microsoft.NET Framework3.5 (3) 支持移动端：是
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： 否 （勾选是请填写） 插件名称 插件容量 下载链接 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） 支持浏览器：ie7 以上 、谷歌、火狐等； 软件：flash 插件。
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 主频：八核 3.6GHz； 内存：32GB 以上； 存储容量：10TB 以上。 (2) 其他计算终端硬件配置要求 CPU：四核 3.6GHz； 内存：8G； 硬盘：1T； 显卡：GTX745 2G 独显。

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）其他终端特殊外置硬件要求

无

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）	3D 仿真、VR 技术、AR 技术、动画技术
	开发工具（如：VIVE WAVE、Daydream 、 Unity3d 、 Virtools、Cult3D、Visual Studio、Adobe Flash、百度 VR 内容展示 SDK 等）	Unity3d Visual Studio
	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）	软件帧数：25fps 分辨率：1920*1080
管理平台	开发语言（如：JAVA、.Net、PHP 等）	Net
	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）	SQL Server Mysql

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：

本虚拟仿真实验项目涵盖了太原科技大学化工专业 60%的专业课程内容。本实验项目以学生理论需求以及化工反应的安全操作为出发点，以提高学生实践创新能力为目的，通过网络学习模式，充分调动学生学习积极性和主动性，以高温

高压反应釜生产碳酸甘油酯的工艺操作为主线,将化工前沿生产工艺及安全性评价等知识进行了有机结合,兼具基础性和综合性,同时具备系统性、实训性等特点,优化了学生的学习体验。

(2) 教学方法:

一、“翻转式课堂”引入教学过程,结合递进式教学方法培养学生能力

实验内容首先以学生自学为主,结合教师点评和重难点解释,采用由催化机理的简单到反应釜安全操作的复杂,从基础知识的认知到实际生产的体验,从反应釜生产碳酸甘油酯仿真操作再到高温高压反应釜的实际工程拓展,最后到综合设计。递进式教学计划的安排,游戏闯关式学习的模式,提升学生学习兴趣,并满足不同年级、不同专业和不同学习能力的人才培养需求。

二、实验教学方法坚持“能实不虚”的原则,围绕大纲完善课堂教学

从化工单元操作的实际出发,将实验教学中无法直接入手的催化反应全貌和高温高压反应釜结构等,采用网络和虚拟仿真的形式展现到学生眼前。在实验教学中,采用“线上线下”相结合的方式,课前预习,课堂学习,课后复习。教师进一步统计学生在虚拟仿真操作中频繁错误的步骤和知识点,在课堂或实验现场中进行深入讲解,实现虚拟与现实教学之间的良性互动和互相促进。同时虚拟实验的开设,完全解决了实验操作中存在的安全隐患,保障了教学过程的顺利开展。

三、开放共享的教学模式,合理的成绩评价系统,提升现代教学的合理性和高效性

本虚拟项目配套建设有共享互联网系统,学生可以用手机号或者邮箱号登陆,并在学生初次登陆的时候,推荐学习计划,让学生了解整个学习课程体系。同时学习结束后,学生依序进行考核,成绩评定方式更合理。

(2) 评价体系:

本项目利用开发的虚拟仿真软件及云操作平台,通过配套操作指导评价系统,按照实验的操作规范进行客观打分。学生在培训完后综合实验结果与实验要求,学生实训流程、技能操作,软件中的基础知识考核等各因素,形成综合性成绩,成绩在 60 分以上为合格。该评分系统通过计算机自动给出一个客观分数,具备公平性。同时实验综合了“听、看、做”授课模式,每一步“理论面对面授教+平台虚拟演示+重要环节互动指导”等过程中均可对对学生的操作痕迹(如

是否按照实验步骤操作、是否符合操作规范) 等进行形成性评价, 所有学生可共享实验平台, 并随时随地进行实验过程模拟及学习效果评定。若有可能进行实物实训, 则还可以将实验照片, 实验数据等整合成实验报告并上传云平台, 由老师审核通过。

(3) 传统教学的延伸与拓展:

目前全国部分高校的化工相关专业在开设该实验的教学过程中, 由于存在实验室环境条件, 仪器设备台套数以及实验操作员技能等局限, 导致本实验部分内容无法得到预期结果; 同时该实验项目涉及内容较多, 实验周期较长, 实验步骤流程复杂, 后期实操可能具有一定的危险性等影响该实验项目的完整开设。因此本实验项目利用边建设、边运行、边改进的方式, 将“高温高压反应釜生产碳酸甘油酯”的实验视觉化, 通过让学生沉浸于虚拟化学工艺与催化工程实验室中, 结合模拟实验平台, 按步骤完成相应实验过程, 同时结合可能出现的负实验结果, 总结和讨论实验误差的原因及个体实践能力的不足, 以进一步弥补实际实验实训中的不足, 提高实践效果。该实验项目是传统教学的有效补充, 具备推广的可行性。

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) 面向高校的教学推广应用计划:

本申报的虚拟仿真实验将主要承担化学工程与工艺、能源化学工程、制药工程、过程装备与控制工程等 4 个专业的实验教学任务, 同时可满足选修化工类课程的相关专业学生的实践教学的需要。实验项目要具有相应网络配置要求和实验管理信息平台, 提前预约实验, 为学生创造了一个良好的实验实践环境。本实验项目建设目标明确、任务具体; 学院十分重视该项目的建设, 在人员配备、资金配套、场地落实等方面给予了很大的支持。实验项目将采用边建设、边运行、边

改进的方式。

(2) 项目下一步要持续建设与更新的计划是：

- 1、集合相关学科力量，整合优势资源，继续优化仿真平台。
- 2、优化云数据平台，完善配套教学资源，构建相应实验教学平台。

本项目将不断完善虚拟仿真实验的辅助教学资源，针对每个实验项目，录制 3-5 个教学微课，每个时间在 5 分钟，与教学资源配套，同步放到共享网络平台中，外校学生在线点播微课，先了解实验教学内容和软件操作须知。

- 3、细化实验内容，提升共享资源的利用效率。

提升便利性-提升共享网页访问便利性，学生可通过绑定手机号或者邮箱；下一步将通过手机 APP 与网站登录账户绑定进行仿真学习。虚拟平台可以免费下载 APP 版本的仿真系统，并为每个初次登陆者，推送学习计划，按照学时安排，让学生寓教于乐，并有计划有安排的自主学习。

(3)面向社会的推广与持续服务计划：

本项目预计将所有仿真实验做成一个资源包并配套一站式网站平台，支持学生离开学校后，也可以学习，结合自己的实际工作，可以撰写可研报告、运营分析、隐患排查、安全环评等，为培养综合型、技能型化工工程师奠定基础。

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）：

年 月 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“山西省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。

(其他需要说明的意见。)

主管校领导(签字):

(学校公章)

年 月 日

