

2018 年度国家虚拟仿真实验教学项目申报表

学校名称	兰州城市学院
实验教学项目名称	变压环境下二元系统汽液吸收 与解吸实训装置仿真
所属课程名称	化工工艺学
所属专业代码	081101
实验教学项目负责人姓名	张 建
实验教学项目负责人电话	18352521012
有效链接网址	http://www.obrsim.com:88/?id=lz csxy

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	张建	性别	男	出生年月	1979.08
学历	博士研究生	学位	博士	电话	0931-7601139
专业技术职务	副教授	行政职务	系主任	手机	18352521012
院系	化学化工学院化工系			电子邮箱	496622749@qq.com
地址	兰州市安宁区街坊路 11 号			邮编	730070
教学研究情况： 无					
学术研究情况： 近五年以来承担的学术研究课题					
1. 甘肃省高等学校科研项目, 0911B-07, 中草药分子印迹药物载体制备, 2009/08-2011/12, 自筹, 已结题, 参与。					
2. 甘肃省高等学校科研项目, 11zx-06, 利用生物技术从马铃薯淀粉废水中生产普鲁兰多糖的研究, 2011/07-2013/12, 5 万元, 已结题, 参与。					
3. 国家自然科学基金, 21265009, 新型有机/无机杂化介孔材料在环境有毒污染物分析中的应用研究, 2013/01-2016/12, 50 万元, 已结题, 参与。					
4. 兰州市科技局项目, 2012-2-99, 甘肃省文冠果生物柴油产业化的研究与示范, 2012/09-, 10 万元, 在研, 参与。					
在国内外公开发行人物上发表的学术论文					
1. Jian Zhang , Pingping Jiang, Yirui Shen, Weijie Zhang, Xiaoting Li. Molybdenum(VI) Complex with a Tridentate Schiff Base Ligand Immobilized on SBA-15 as Effective Catalysts in Epoxidation of Alkenes. <i>Microporous and Mesoporous Materials</i> . 2015, 206: 161-169. (IF 3.35)					
2. Jian Zhang , Pingping Jiang, Yirui Shen, Weijie Zhang, Bian Gang. Covalent anchoring of Mo(VI) Schiff base complex into SBA-15 as a novel heterogeneous catalyst for enhanced alkenes epoxidation, <i>Journal of Porous materials</i> . 2016, 23(2):431-440. (IF 1.39)					
3. Jian Zhang , Pingping Jiang, Yirui Shen, Guohu Zhao, Weijie Zhang, Bian Gang. Co-condensation Assisted Preparation of Mo(VI) Schiff Base Modified Mesoporous Silica Catalyst for Enhanced Epoxidation of Olefins, <i>Australian Journal of Chemistry</i> . 2016, 69, 817-825. (IF 1.43)					
4. Shen Yirui, Jiang Pingping, Zhang Jian , et al. Highly dispersed molybdenum incorporated hollow mesoporous silica spheres as an efficient catalyst on epoxidation of olefins[J].					

Molecular Catalysis, 2017, 433: 212-223.						
5. 张建, 蒋平, 沈一蕊, 张伟杰, 卞刚. 双金属 Mo-Ti-SBA-15 材料的制备及其环己烯环氧化性能[J]. 精细化工, 2016, 33(12): 1351-1357.						
获得的学术研究表彰/奖励						
无						
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	马明广	兰州城市学院	副教授	无	在线教学	
2	王福善	中国石油兰州石化公司	高工	无	技术支持	
3	赵国虎	兰州城市学院	教授	院长	在线教学	
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	马小芳	西北永新集团有限公司	高工	无	技术支持	
2	魏玉丽	中国石油兰州化工研究中心	高工	无	技术支持	
3	尚琼	兰州城市学院	讲师	无	在线教学	
项目团队总人数: 7 (人) 高校人员数量: 4 (人) 企业人员数量: 3 (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木支持人员, 请在备注中说明。

2.实验教学项目描述

2-1 名称
变压环境下二元系统汽液吸收与解吸实训装置仿真
2-2 实验目的
<p>化工原理是实践性很强的技术基础课, 是化工类各专业一门主干课程, 它应用自然科学的基本原理来分析和处理化工生产中的物理过程, 在培养化工类及其相关专业人才中起着举足轻重的作用。由于受到诸多因素的制约, 如试剂的有毒有害, 传动装置的高速运行的危险, 反应或储罐的高温、高压。导致在实验室里的许多想法不能到实际的操作验证, 只能尽量借助模拟化工实际生产的条件来验证。</p>

气体吸收（解析）是典型的传质过程之一，由于操作环境所限，学生只能无法了解不同吸收吸收体系的吸收效果，故设定吸收实验作为申报虚拟实验项目。

- (1) 了解吸收-解吸操作基本原理和基本工艺流程；了解填料塔等设备的结构特点、工作原理和性能参数；了解各工艺参数的测量，掌握原理和操作方法。
- (2) 能够根据工艺要求进行吸收-解吸生产装置的间歇或连续操作；能够在操作中进行熟练调控仪表参数，保证生产维持在工艺条件下正常进行；能够实现手动和自动无扰切换操作；能熟练操控 DCS 控制系统。
- (3) 能根据异常现象分析判断故障种类、产生原因并排除故障。
- (4) 能够完成吸收过程和解吸过程的性能测定。

2-3 实验原理（或对应的知识点）

知识点数量：（个）

- (1) 熟悉吸收（解析）的工艺流程，了解填料塔的结构和调节方法
- (2) 测定吸收塔中用水吸收二氧化碳时的气相传质系数及其与液体喷淋密度的关系
- (3) 掌握总体积传质系数的测定方法

2-4 实验仪器设备（装置或软件等）

- (1) 本实验主体设备为吸收塔，塔内装有陶瓷拉西环或鲍尔环填料；
- (2) 吸收剂采用水，待吸收气体为空气与二氧化碳或氨气，空气通过鼓风设备并经转子流量计计量后，与由钢瓶输出并经转子流量计计量的待吸收气体按一定比例在缓冲罐混合后，再通过转子流量计从塔底进入吸收塔，经吸收传质后从塔顶流出。吸收剂水从塔顶进入，通过喷淋设备至填料，与气体逆流接触后从塔底流出。入塔前后的气体可借助化学分析的方法或气相色谱仪进行定量分析。吸收剂即溶液中的浓度可通过物料衡算和化学方法的方法得到其组成。

2-5 实验材料（或预设参数等）

- （1）通过吸收剂和气体混合物的流量设定，得到 $\Delta p \sim u$ ，得到液泛数据
- （2）测定体积吸收总系数随气体流量和液体流量的变化规律；
- （3）测定实验塔在一定操作条件下的传质能力与传质效率；
- （4）用全塔物料恒算的偏差来检验和讨论传质数据的正确性。

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）

基于 VR 虚拟仿真技术开发得到的气体吸收（解析）填料塔，能够以不同的物料为介质，实现对不同待吸收介质的吸收操作，得到不同操作条件下填料塔的传质能力与传质效率，让学生更好的理解吸收单元操作和吸收系数的测定。

仿真虚拟平台具有交互性、开放性的特点，在线学习、实践和探索，不同的人群可在不同时间、不同地点利用和享受到优质的教学实践资源。同时，虚拟仿真实验可在涉及高危（爆炸、污染）或极端（高温、高压）的环境，不可逆操作（如工业规模的开、停车）高成本或高消耗等，可提供安全、可靠、经济和可重复的实验项目。对于本科生来说，这种虚实结合与互补，将大大提升实验教学水平和人才培养质量，更大限度地发挥实验教学中心的功能和辐射示范作用。

虚拟仿真实验的基本特征就是技术特征，即虚拟现实、多媒体、人机互动，数据库和网络通讯，但同时满足了教学大纲的要求，是为本科生实验教学而设计的。

二氧化碳和氨气在水中的溶解度相差很大，通过实验看到的现象和比较最终的实验数据，学生可以更好的理解液膜与气膜控制的吸收传质过程，更利于理论知识的消化吸收。此外，在虚拟仿真实验中，可人为制造事故，观察危险的发生与处理，学生对实际的化工生产的安全保障有更深刻的理解。

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、装置启动前的准备

- (1) 检查各动、静设备是否完好
- (2) 检查各个管件是否完好
- (3) 检查仪表

打开吸收与解吸实训装置的控制柜上总电源开关仪表全亮并无异常现象，说明仪表能正常工作，不断闪烁则为异常现象，检查检查离心泵，漩涡气泵运转自如；检查所有阀门，
检查测量点、分析取样点能否正常取样分析。

2、测量干填料层($\Delta p/Z$)- u 关系曲线

- (1) 读取大气压值
- (2) 打开总电源，启动风机，调节进塔的空气流量，按空气流量从小到大的顺序读取填料层压降 Δp ，转子流量计读数和流量计处空气温度，
- (3) 在双对数坐标纸上以空塔气速 u 为横坐标，以单位填料层高度的压降 $\Delta p/Z$ 为纵坐标，绘制干填料层($\Delta p/Z$)- u 关系曲线。

3、测定一定喷淋量下填料层($\Delta p/Z$)- u 关系曲线

- (1) 固定一定的水喷淋量下（建议水喷淋量为 30~40L/h）
- (2) 方法读取空气流量和填料层压降数据
- (3) 在双对数坐标纸上绘制($\Delta p/Z$)- u 关系曲线。
- (4) 观察塔内的气液接触情况，一旦出现液泛则记录对应的空气转子流量计读数，计算液泛速度。实验数据处理时，参照教科书介绍的方法计算液泛气速，与实验中观察到的液泛气速进行比较。

4、测定气相总传质单元数 N_{OG} 和气相总体积吸收系数 K_{ya}

- (1) 选择适宜的空气流量和水流量，调整氨气流量
- (2) 调节好空气流量、水流量并调节氨流量计读数到确定值后，保持一段时间，系统达到稳定后同时读取各流量计读数，读取空气、氨气和吸收液的温度，并分别测定塔顶尾气及塔底吸收液的浓度。

5、尾气分析方法

- (1) 通入氨气前组装好尾气吸收装置
- (2) 用移液管向洗净的吸收瓶内加入已知准确的硫酸
- (3) 加入 2~3 溴百里酚蓝指示剂，并加适量去离子水
- (4) 使吸收瓶进口端与塔顶出口尾气气管连通，出口端连接湿式流量计

6、停车

- (1) 先关闭钢瓶总阀，待减压阀压力降为零后，关闭减压阀
- (2) 关闭风机开关
- (3) 停泵

2-8 实验结果与结论要求

- 1、观察填料塔流体力学状况，测定填料层压强降与操作气速的关系
- 2、确定填料塔在某液体喷淋量下的液泛气速实验接近液泛时，进塔气体的增加量要减小，否则图中泛点不容易找到。密切观察填料表面气液接触状况，并注意填料层压降变化幅度，务必让各参数稳定后再读数据。
- 3、比较二氧化碳和氨气的传质系数，分析液膜、气膜控制的吸收过程对应的传质双模理论，依据理论知识对实验结果进行合理分析。

2-9 考核要求

- 1、掌握实验的基本步骤，准确记录实验数据，能对实验结果给出合理的分析和解释；
- 2、输入个人登录信息进入考试界面，系统根据实验操作进行评分。

2-10 面向学生要求

- 1、化工类和化学类专业
- 2、具有过程工程理论学习基础（如环境工程）

2-11 实验项目应用情况

- (1) 上线时间：2009 年
- (2) 开放时间：线上： 24h/天； 线下： 周一-周五： 8:00-17: 00
- (3) 已服务过的学生人数： 750 人
- (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://www.obrsim.com:88/?id=lzcsxy>

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）
20Mbps
- (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）
200

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
操作系统： win7 及以上系统
- (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

<p>3-4 用户非操作系统软件配置要求（如浏览器、特定软件等）</p> <p>(1) 需要特定插件 <input type="checkbox"/> 是 <input checked="" type="checkbox"/> 否</p> <p>（勾选是请填写） 插件名称 插件容量</p> <p style="padding-left: 40px;">下载链接</p> <p>(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）</p> <p style="padding-left: 40px;">无</p>
<p>3-5 用户硬件配置要求（如主频、内存、显存、存储容量等）</p> <p>(1) 计算机硬件配置要求</p> <p style="padding-left: 40px;">CPU: Intel 双核@2.4GHz 及以上</p> <p style="padding-left: 40px;">内存: 4G 以上</p> <p style="padding-left: 40px;">显卡: 显存 2G 以上</p> <p style="padding-left: 40px;">存储容量: 100G 及以上</p> <p>(2) 其他计算终端硬件配置要求</p> <p style="padding-left: 40px;">无</p>
<p>3-6 用户特殊外置硬件要求（如可穿戴设备等）</p> <p>(1) 计算机特殊外置硬件要求</p> <p style="padding-left: 40px;">无</p> <p>(2) 其他计算终端特殊外置硬件要求</p> <p style="padding-left: 40px;">无</p>

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、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	贴图分辨率、动作反馈时间

	次数、动作反馈时间、显示刷新率、分辨率等)	
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

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:

虚拟仿真实验教学就是依托虚拟现实、多媒体、人机交互、数据库和网络通讯等技术,构建高度仿真的虚拟实验环境和实验对象,达到教学大纲要求的教学目标。而目前国际国内盛行的 CDIO 教学模式正是以工程场景作为教学背景。采用 2D、3D 现代仿真技术及数学建模技术,开发了真实感强的虚拟仿真实训平台,在进行教学环节中,从化工设计思路、实验验证、工程验证到虚拟化工实际操作的教育理念,使学生从理论到实际操作一体化的展现,起到学以致用,学了会用的教学理念。

(2) 教学方法:

- (1) 混合式教学模式-采用混合式教学模式,学生在网路中先利用微课、仿真实验在线练习,对虚拟仿真实验教学熟悉。学习的内容包括上机练习及上机考核,通过仿真软件给出成绩,对学生的学习效果进行自我评价。
- (2) 宽松教学环境-不要求学生统一按照仿真实验的操作进行,学生随机进行网络上操作,通过不同的工段进行操作,不同学生可以进行不同环节操

作，综合进行评价，总体能达到一定要求即可，锻炼让学生分析、查找和解决问题的能力，多事故处理解决的能力。

(3) 化工思维的养成-学生在虚拟仿真实验过程中，强化企业工程设计的理念，学会工艺流程设计的思维，掌握工业工程中的设计理念和思路。

(3) 评价体系

本项目的仿真实验配套的操作指导评价系统根据化工企业的实际需求制定，按照实验的操作要求规范进行客观评分。共享互联网系统能按照学习计划进度，对学生的操作进行评级。面向化工企业和外校教师的评价及学生仿真实习前后反馈的数据分析等进行评价体系的完善。

(4) 传统教学的延伸与拓展：

作为传统教学模式，实验课程对应的实验设备，操作安全等因素对教学过程中人力、财力投入的压力比较大，且目前存在的设备套数少，实物实训成本高以及安全隐患等问题，发挥我国化工过程中技术优势，提高实际操作的实践能力，而虚拟仿真实验系统结合“虚拟现实”、“大数据”、“云平台”等先进技术理念和手段，提出“高效、低成本”利用“虚拟仿真技术”等全方位体验式教学的理念。

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：

变压环境下二元系统汽液吸收与解吸实训装置仿真实验具备持续建设与更新的能力，在增加新的实验项目，扩大新的实验规模，尤其是在变压环境下二元系统气液吸收与解吸实训过程中工业化的推广，课进行不同工艺的不

断改进和优化，对实际工业的工艺改进能够提供指导意义。体现仿真实训过程与实际结合的能力和时效性，逐步弥补实践教学过程中的短板，从实际出发，提高本科教学中缺少实践环节的不足。

根据我国化工企业中气液吸收不可或缺的一个工艺过程，本虚拟仿真将于合成氨、甲醇制备等仿真结合，形成多套虚拟仿真结合，形成一个整体技术路线，为《化工工艺学》和《石油化工炼制》等理论教学课程提供实践教学环节和实践支持。随着变压环境下二元系统汽液吸收与解吸实训装置仿真实验的不断完善，将实行工业化推广，本仿真系统将不断推广全国化工类专业和行业使用。

(2) 面向高校的教学推广应用计划：

变压环境下二元系统汽液吸收与解吸实训装置仿真实验具有实践应用强、高效的实践能力。对本科生的不同学习实践阶段，能够为师生提供实践锻炼和学习的平台。本系统为《化工原理》、《分离工程》、《化工工艺学》等课程能提供教学实践环节的辅助教学。

本系统在云平台的基础上，能够实现“混合式教学课堂”、“线上线下学习”、“远程教学及考核”等多种形式，实现现代化教学模式，利用云平台的数据记录和分析功能，不仅能够实行学生群体的学习和评估，也为教师提供“远程教学与评估”，还能够为学校提供网络化教育提供平台，为学校的信息化的提升提供促进作用。

(3) 面向社会的推广与持续服务计划：

- 1) 以时间教学精品课程的形式面向社会开发，同时配合宣传对线上开通。
- 2) 通过本虚拟仿真实践的积累，积极为企业提供服务，增强校企合作，为企业 provide 理论、实践一体化的培训。
- 3) 与化工相关的院校进行资源共享和交流，共同进步和发展。

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“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