

2018 年度国家虚拟仿真实验教学项目申报表

学 校 名 称	兰州大学
实 验 教 学 项 目 名 称	传热综合拓展 虚拟仿真实验教学项目
所 属 课 程 名 称	化工原理实验
所 属 专 业 代 码	081301
实 验 教 学 项 目 负 责 人 姓 名	冯庆华
实 验 教 学 项 目 负 责 人 电 话	13993117158
有 效 链 接 网 址	http://www.obrsim.com:88/?id=lzdxhxhg

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	冯庆华	性别	女	出生年月	1972.11
学历	研究生	学位	博士	电话	
专业技术职务	讲师	行政职务	化学创新国家级实验教学示范中心副主任	手机	13993117158
院系	兰州大学化学化工学院			电子邮箱	fengqh@lzu.edu.cn
地址	甘肃省兰州市城关区天水南路 222 号			邮编	730000
<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>冯庆华，1994 年兰州大学大学化学系毕业留校任教，2001 年任讲师，兰州大学化学学院大学化学实验中心副主任。自 1996 年以来承担了本科生“化工制图”、“化工仪表自动化”及“化工基础”课程，担任化工基础实验课程主讲，承担了“化工基础实验”及“化工综合实验”课程，多次带领学生到化工厂“认识实习”和“生产实习”，参与了“化工基础”省级精品课程和“大学化学实验基础 II”甘肃省教学成果奖实验室建设工作。参与兰州大学化学化工虚拟仿真国家级示范中心申报及建设工作，在化工基础实验室建设方面做了大量的工作。</p> <p>作为主要参与者参加的教学研究课题：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 兰州大学化工类“新工科”人才培养模式研究 2017-2019 年兰州大学教学研究项目 2. 兰州大学“化学工程与工艺专业综合实验”课程教学与科研融合研究 2017-2019 年兰州大学教学研究项目 <p>发表的教学论文：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 虚拟与实际相结合—《化工原理实验》中换热器仿真实验与装置实验教学融合研究，第一届全国高校化学实验技术交流会 2018 论文集（北京） 2. 浅谈计算机仿真技术在化工实验与实践中的应用，高校实验室工作研究，2013，3 3. 植物精油提取实验装置的设计与研制，实验技术与管理，2015，5 					

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）；在国内外公开发行人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）

主持的科研项目：

推进剂取样钢瓶更新研发，理科横向项目，2013-2015，负责人。

参与的科研项目：

碱液中二硫化物的溶剂抽提分离实验及分析，理科横向项目，2012-2013，参与。

公开发表学术论文：

1. Yueping Guo, Qinghua Feng, Jiantai Ma*, The hydrogen generation from alkaline NaBH₄ solution by using electroplated amorphous Co-Ni-P film catalysts, [J]Applied Surface Science, 273 (2013) 253- 256

2. Yueping Guo, Qinghua Feng, Zhengping Dong, Jiantai Ma*, Electrodeposited amorphous Co-P catalyst for hydrogen generation from hydrolysis of alkaline sodium borohydride solution, [J] Journal of Molecular Catalysis A: Chemical, 378 (2013) 273- 278

获得授权的专利：

1. 冯庆华，马学毅， 数控在线连续混合器[P].中国专利， ZL201210133810.5, 2015-2-25

2. 冯庆华，郭跃萍，常彦龙，马学毅，一种纳米汽油节能减排增效剂及其制备方法[P].中国专利， ZL201210188986.0, 2015.4.9

3. 冯庆华，马学毅，阎肖华，宋丹，王尚志，一种从苦水玫瑰花中提取玫瑰精油及系列产品的的方法[P].中国专利， ZL 200810181395.4, 2009.12.23

4. 冯庆华，旋转蒸发减压精馏仪[P].中国专利， ZL 2008 1 0181397.3, 2009.12.23

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	郭跃萍	兰州大学	工程师		实验内容设计， 在线教学服务	在线教学 服务
2	徐向阳	兰州大学	工程师		实验内容设计， 在线教学服务	在线教学 服务
3	常彦龙	兰州大学	副教授		换热器设计模块 内容设计	在线教学 服务
4	董春旭	兰州大学	讲师		换热器设计模块 设计	在线教学 服务
5	严世强	兰州大学	教授		教学资源开发指 导	
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	沈永雯	兰州大学	高级 工程师	实验中心 主任	教学实验项目 实施指导	
2	惠新平	兰州大学	教授	副院长	教学实验项目 实施指导	
3	梁永民	兰州大学	教授	院长	教学实验项目 实施指导	
4	滕姗姗	北京欧倍尔软件技 术开发有限公司	工程师		化工计算模型 开发	技术支持
5	马军建	北京欧倍尔软件技 术开发有限公司	工程师		网络资源开发 与维护	技术支持
6	陈波	北京欧倍尔软件技 术开发有限公司	工程师	部门经理	虚 拟 资 源 定制开发	技术支持
7	贺香文	北京欧倍尔软件技 术开发有限公司	工程师	部门经理	虚 拟 资 源 定制开发	技术支持
8	李金浩	北京欧倍尔软件技 术开发有限公司	工程师	美术建模 负责人	三 维 建 模	技术支持
<p>本建设项目依托的单位是兰州大学化学创新国家级实验教学示范中心(National Demonstration Center for Experimental Chemistry Education(Lanzhou University)), 2013 年获批为“国家级虚拟仿真实验教学中心”建设单位，成为首批 100 个“国家级虚拟仿真实验教学中心”之一。</p> <p>本项目的教师团队是由《化工原理》和《化工原理实验》教学团队中学</p>						

术水平高、能力过硬、和实践丰富的教师组成，参与《化工基础》和《大学化学基础实验 II》甘肃省精品课程建设，教师由老、中、青三代组成，结构组成合理。团队成员专业理论知识强、教学经验丰富，教学改革理念先进、在虚拟仿真实验室的建设和发展方面有极大地热情。

本项目的合作单位北京欧倍尔软件技术开发有限公司在网络技术和虚拟现实技术方面开发了很多产品，是一家具有丰富的虚拟仿真项目建设经验和雄厚的技术开发实力的计算机仿真技术公司。与他们合作，能在降低研发成本的前提下，高效的研制出既适合高校使用又满足市场需要的高品质仿真软件。

项目团队总人数：14（人）高校人员数量：9（人）企业人员数量：5（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

传热综合拓展虚拟仿真实验教学项目

2-2 实验目的

很多化工实验具有高危险、高污染以及高消耗、高成本的特点，随着高校的扩招，需进行实验的学生也越来越多，但学校实验室、实验指导老师有限，使化工类专业学生的实践环节受到了很大的局限。实验室设备固定，设备一旦确定，设备参数不可改变，学生能够接触的设备类型有限，学生可探究的影响因素有限。学生参与设计，设计结果无法评价，无法感受理论知识与工程应用之间的关系。为解决上述问题，本项目采用虚拟仿真教学软件，避免了操作实际设备可能带来的危险，还能有效的提高学生的创新能力及实践能力。

结合社会经济发展和“新工科”对人才培养的需求，结合我校化工专业的特色，以化工过程中基础性强，设备类型多变，应用范围最广的传热单元操作为主线，开发构建了本虚拟仿真项目“传热综合拓展虚拟仿真实验教学项目”。本项目结构从易到难、多方位拓展递进，以学生的需求和发展为导向。

应用此化工仿真软件进行实验，可以达到以下目的：

1. 使学生加深对化工单元操作中理论知识的理解。
2. 使学生掌握传热操作的基本步骤与方法。

3. 使学生掌握各类换热器的装配结构及其工作原理。
4. 培养学生运用理论知识分析问题、解决工程实际问题的能力。
5. 提高学生解决复杂化工问题的综合研究能力，培养学生的创新能力。

2-3 实验原理（或对应的知识点）

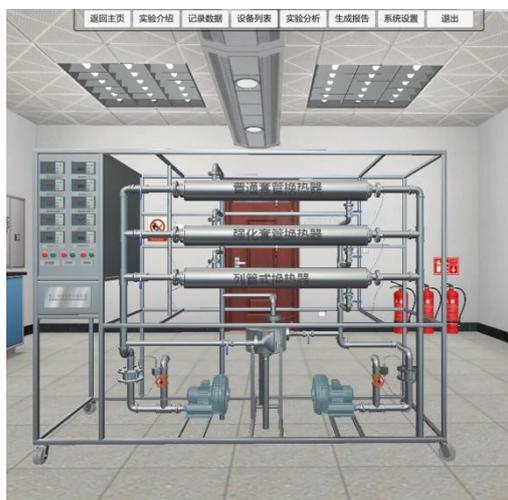
知识点数量：7（个）

- （1）传热过程的基本原理和流程；
- （2）传热单元的操作；
- （3）孔板流量计、转子流量计、压力表、温度计等仪表在传热过程中的应用。
- （4）总传热系数的测定及计算方法；
- （5）换热器类型、设备参数的变化、冷热流体介质改变对传热过程的影响；
- （6）换热器的内部结构特点、功能及流体在换热器内部的流动情况；
- （7）换热器设计过程及工程应用。

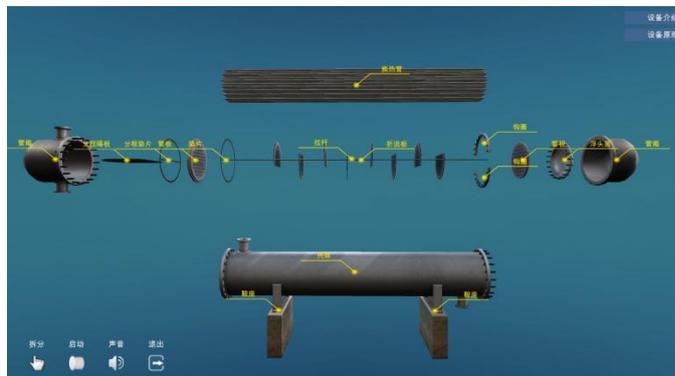
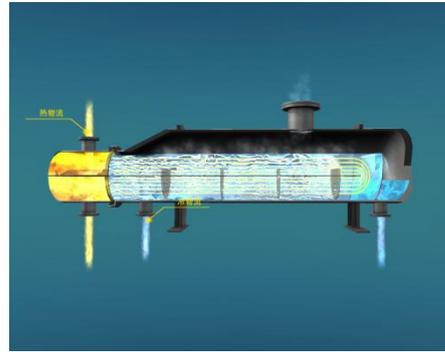
2-4 实验仪器设备（装置或软件等）

本项目的虚拟仿真软件是在传热实验设备的基础上开发拓展的。该软件对已有的实验内容进行了扩展和提升，使实验软件内容更加综合化，能够适应不同层次、不同类型的学生学习使用。同时，使用虚拟仿真实验软件可突破教学时间和空间的限制，学生不同时间或者不同地域均可以利用网络参与到实践教学活动中，调动学生学习的积极性和主动性。

传热实验设备和仿真设备均包括：套管换热器（普通管、强化管）、列管式换热器、螺旋板换热器，仿真设备可改变管长、管径等设备参数，可改变介质类型，并有设备内部工作动画演示。



换热器拆装仿真实验设备包括：固定管板式换热器、浮头式换热器、U型管再沸器（三维模型），有设备内部零部件 3D 模型和换热器工作过程演示。



换热器设计实验设备包括：固定管板式、U型管式、浮头式和填函式换热器（计算模型），有化工厂传热单元现场及控制室操作场景（3D）。



本部分教学让学生对换热器的结构及工作原理、以及传热过程有一个初步的认识和了解，让学生根据设计任务，设计合适的参数，进行传热实验，将理论知识与实际设备在知识体系中进行对接。

2-5 实验材料（或预设参数等）

本项目包括三部分内容，传热综合实验、换热器拆装以及换热器设计。

在传热实验中，冷热流体介质：空气-热空气、冷水-热水、有机液体-废热蒸汽等。学生可选的换热器类型有普通套管换热器、强化套管换热器和列管换热器和螺旋板换热器。换热器的参数也可以由学生自主选择，根据不同体系的性质，根据学生选择的结果，系统自动调节相应的预设参数。由于是采用虚拟仿真实验装置，所以并不接触实际的实验装置和化学试剂。

在换热器拆装中，已开发了多种换热器类型，并进行结构讲解。

换热器设计实验中，根据工艺任务，学生输入参数，计算相关数据，估算换热面积，初选换热器型式，再进行校核和成本核算。可选的换热器类型有固定管板式、U型管式、浮头式和填函式换热器。

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)

虚拟仿真实验室具有身临其境的真实体验感，人机交互性好以及利用率高、易维护、可提供多人在线学习、节省培训费用等诸多优点，虚拟仿真在教学和科研领域的应用价值不容小觑。

在本项目中，根据学生的需求与知识结构，构建了两个层次（仿真操作型和综合设计型）。使实践教学内容由简单操作向综合应用、研究设计和创新开发延伸，使不同层次、不同类型的学生都能在本仿真项目中，根据自己的需要进行自主学习。

仿真操作型包含的教学模块有：传热原理及相关设备的认识；传热实验操作；参数变化对传热实验的影响。

设备拓展型的教学模块有：换热器结构认识，拆装，换热器工作演示；

综合设计型包括的教学模块有：领取设计任务，参数设计及操作。

下面对每个模块的实施过程进行详细说明：

1、传热原理及相关设备认识

本模块主要包括传热工艺的主要原理（图1）、流体在换热器设备中的流动情况（图2）、（图3）、（图4），孔板流量计（图5）的测压原理以及换热器的拆装。换热器拆装实验可分为自动拆装、手动拆装两种模式，并且配有零部件用途解说。已开发换热器类型有：固定管板式换热器、浮头式换热器、U型管再沸器。如图（6—17）。

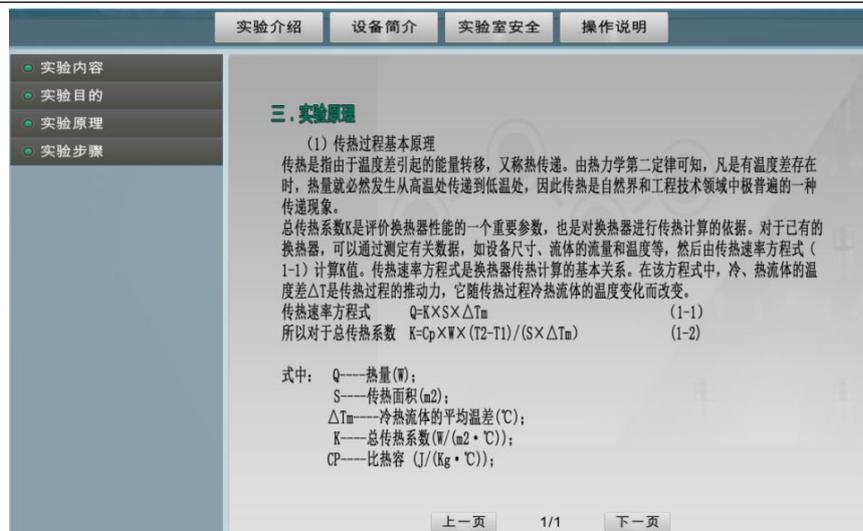


图 1 传热工艺的主要原理图

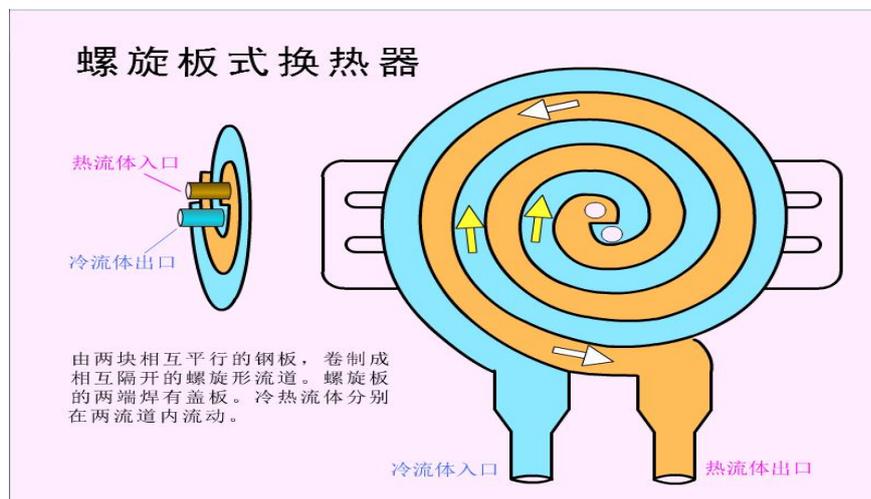


图 2 流体在换热器设备中的流动情况

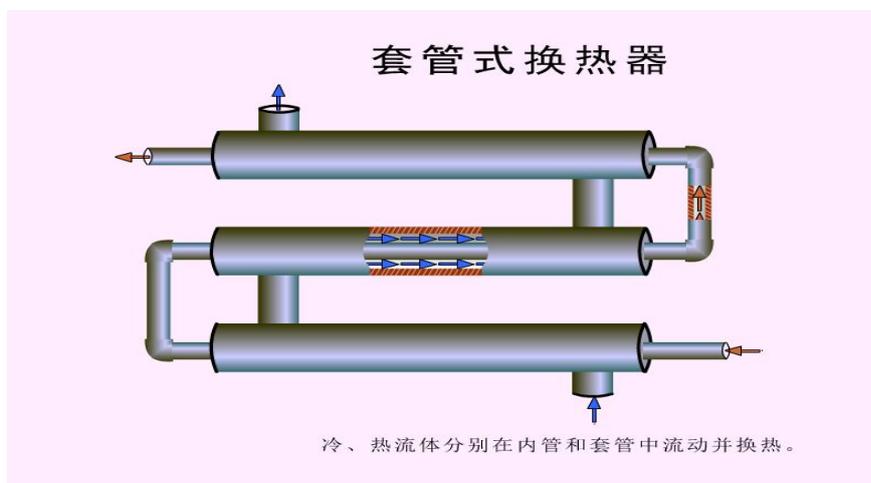


图 3 流体在换热器设备中的流动情况

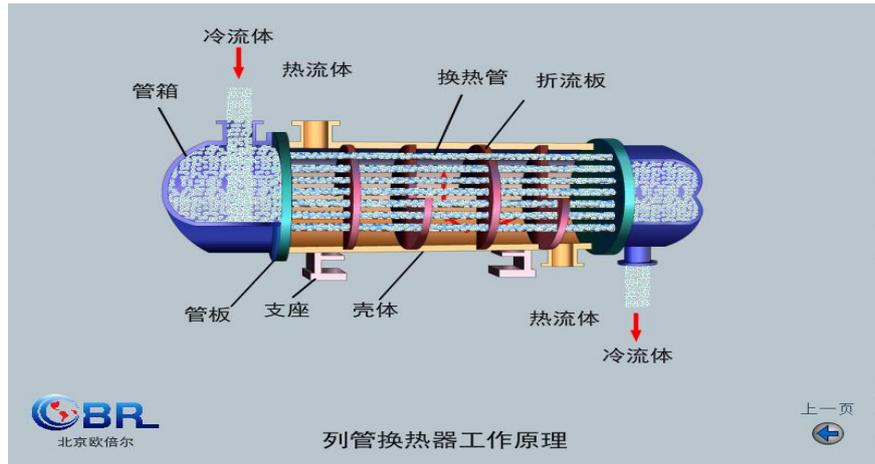


图 4 流体在换热器设备中的流动情况

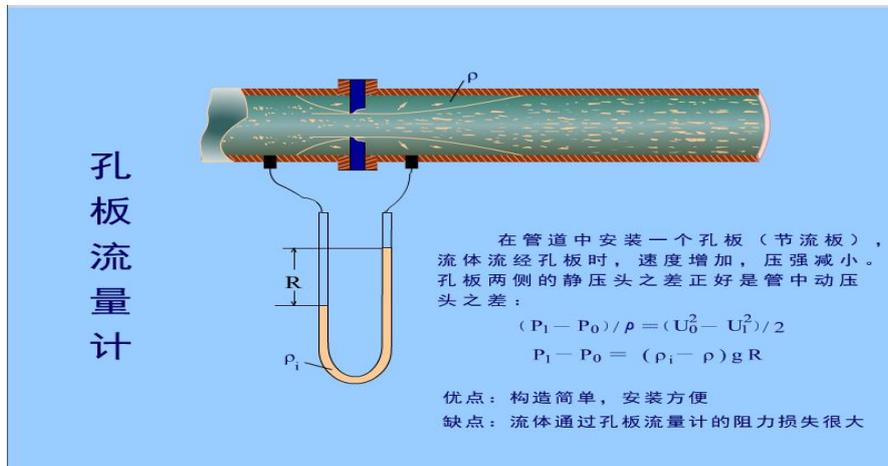


图 5 孔板流量计测压原理



图 6 固定管板式换热器整体结构



图 7 固定管板式换热器内部结构介绍

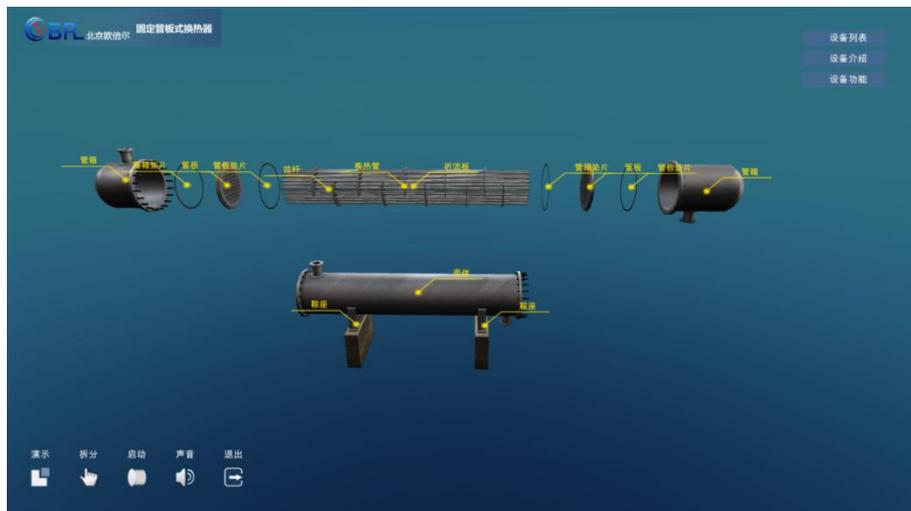


图 8 固定管板式换热器手动拆装

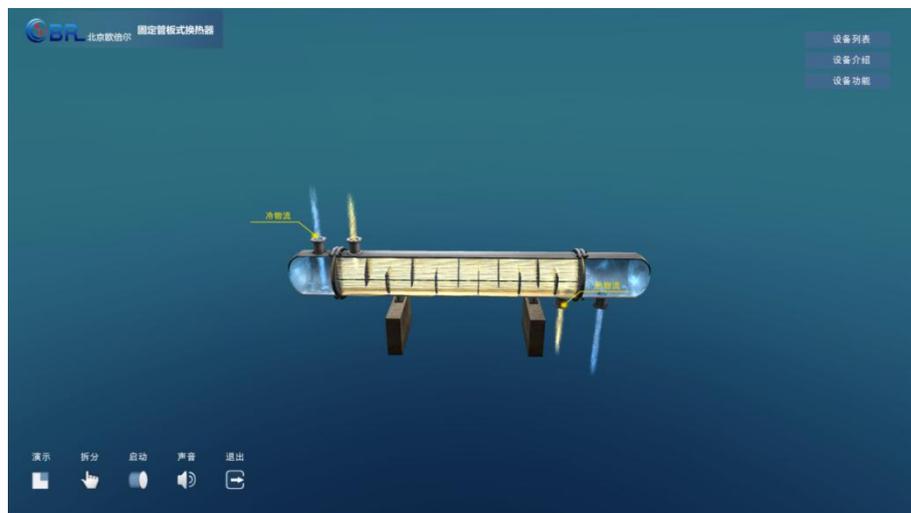


图 9 固定管板式换热器原理演示



图 10 U 型管再沸器整体结构

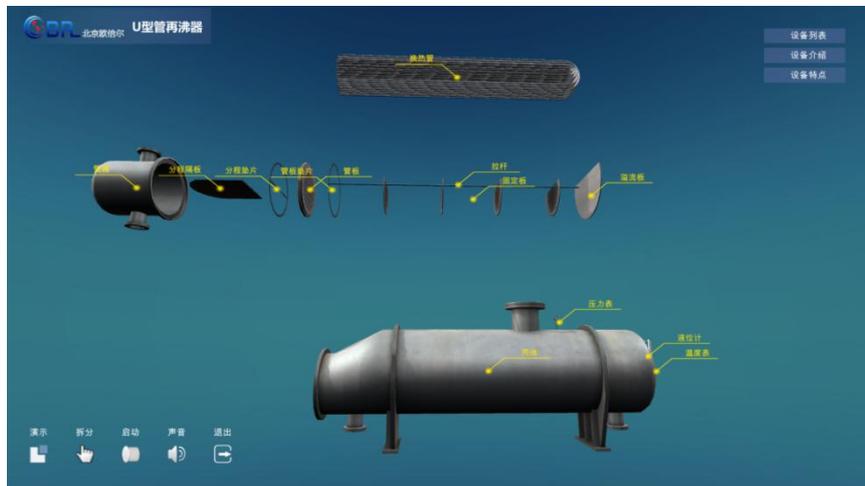


图 11 U 型管再沸器内部结构介绍



图 12 U 型管再沸器手动拆分



图 13 U 型管再沸器原理演示



图 14 浮头式换热器整体结构



图 15 浮头式换热器内部结构介绍



图 16 浮头式换热器手动拆分



图 17 浮头式换热器原理演示

通过本模块的学习，方便学生将理论知识与实际设备在知识体系中进行对接，熟悉冷热物流在换热器中的走向，以及换热器的结构。

2. 传热实验操作

本模块的目的是让学生学会传热实验设备的操作。该模块系统对学生操作自动评分，学生可重复操作以求获得更高的分数，从而激发学生的学习积极性和主动性。

3. 参数变化对实验的影响

在实际的传热实验过程中，传热系数的计算受多种参数的影响。在虚拟仿真实验中，可以便捷地对这些影响传热过程的因素进行考察。让学生通过思考、探索、分析、调整的过程参与体验，培养学生分析问题、解决工程问题的能力。

图 18 换热介质为有机液体-废热蒸汽，图 19 换热介质为空气-热空气，图 20

为换热介质为冷水-热水。

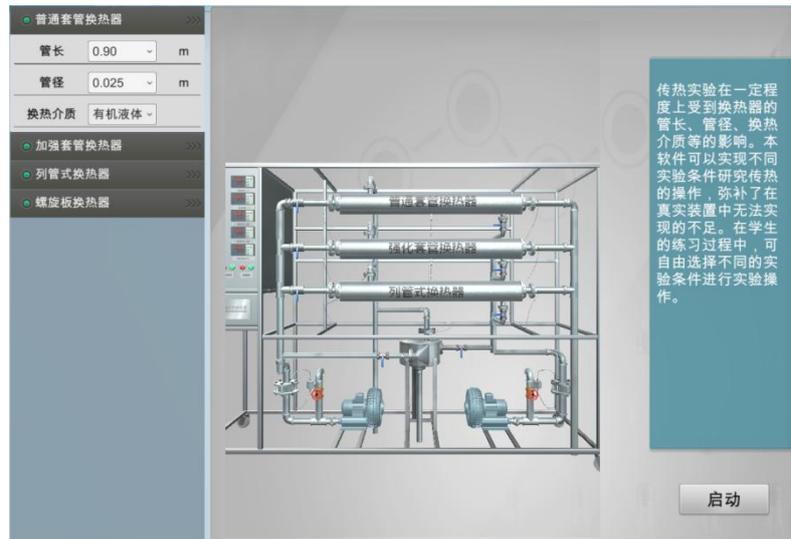


图 18 换热介质为有机液体-废热蒸汽仿真流程图



图 19 换热介质为空气-热空气仿真流程图



图 20 换热介质为冷水-热水仿真流程图

学生可以点击左侧进行参数的选择，点击启动，进行实验操作。

4. 综合性设计包括的内容领取设计任务（图 21）、设计（图 22）、成本核算（图 23）、仿真操作（图 24）、报告（图 25）。



图 21 领取设计任务界面



图 22 设计界面

名称	单价/元	数量	单位	总价/元
管箱	200.00	0	个	100.00
固定管板	150.00	0	个	100.00
壳体	0.00	0	m ²	100.00
U型管板	0.00	0	m ²	100.00
折流板	212.00	0	个	0.00
管箱法兰	105.00	0	个	100.00
管程隔板	150.00	0	个	100.00
壳程隔板	300.00	0	个	100.00
椭圆封头	100.00	0	个	100.00
圆形管架	0.00	0	m ²	100.00
浮头	750.00	0	个	100.00
填料函	150.00	0	个	0.00
总价				0.00

图 23 成本核算图



图 24 仿真操作界面

参数	管程		壳程
	物料	原油	原油
流量 / (kg/h)	0.00		
进 / 出口温度 / °C	0.00		
压力 / MPa	0.00		
定性温度 / °C			
密度 / kg/m ³	0.00		
定压比热容 / [kJ / (kg·°C)]	0.00		
粘度 / Pa·s	0.00		
导热率 / [W / (m·°C)]	0.000		
管程特征数	0.000		
形式	固定管板式	行数	1.00
壳体内经 / mm	0	壳程数	
管径 / mm	0.0 X 0.0	中心距 / mm	
管长 / mm		管子排列	正三角形排列
管数目 / 根		折流板个数 / 个	0
传热面积 / m ²	0.00	折流板间距 / mm	0
管程数		材质	碳素钢

图 25 生成报告界面

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：

在本项目中共包括三部分内容，第一部分是传热综合实验、第二部分是换热器认识拆装，第三部分是换热器设计。

传热综合实验中，学生可以自己选择实验参数，例如换热介质，换热面积等，并选择不同的换热器类型，并进行传热实验操作。

换热器拆装分为自动拆装和手动拆装，还介绍了冷热物流在换热器中的流动情况，方便了学生掌握换热器结构以及工作原理。

换热器设计中，学生领取设计任务书，输入参数，计算相关数据估算换热面积，初选换热器型式，再进行校核和成本核算。可选的换热器类型有固定管板式、U 型管式、浮头式和填函式换热器。如果设计的换热器符合设计要求，进入换热器仿真操作界面，在 3D 虚拟场景中，在现场和控制室学生完成对自己设计的换热器的虚拟操作，场景和界面与化工厂实操界面完全一致，配合软件的评分系统对学生操作进行指导和评分，最后生成设计评价报告。

可以归纳为三种实验方法，分别为“认识学习，自主操作”“指导运行，自主操作”和“任务驱动，自主设计”。下面举例进行说明。

（2）学生交互性操作步骤说明：

在第一部分“传热综合实验”中，采用的实验方法是“指导运行，自主设计”。学生首先选择用哪种换热器，然后选择这种换热器的参数，例如长度、直径、介质等，点击启动进行实验操作。以选择空气—热空气，套管换热器为例，实验步骤如下：

- 1) 打开总电源开关，
- 2) 打开普通套管冷空气进口阀，
- 3) 打开普通套管热空气进口阀，
- 4) 打开冷空气旁路阀：全开，
- 5) 打开热空气旁路阀：全开，
- 6) 启动冷风机，
- 7) 启动热风机，
- 8) 关闭冷风机，
- 9) 关闭热风机，
- 10) 关闭总电源开关，
- 11) 关闭普通套管换热器冷空气进口阀，
- 12) 关闭普通套管热空气进口阀。

在这个软件的学习中，选择不同的参数，计算结果不同，考察了参数对实验结果的影响。

在第二部分“换热器拆装”中，为了方便学生掌握换热器结构，拆装实验可分为自动拆装、手动拆装两种模式，并且配有零部件用途解说和换热器工作演示。已开发换热器类型有：固定管板式换热器、浮头式换热器、U型管再沸器。

在第三部分“换热器设计”中，采用的实验方法是“任务驱动，自主设计”。学生进入到这个实验后，首先需要领取设计任务，之后学生进行数据的填写和计算，主要包括

- 1) 冷热物流相关设计条件填写
- 2) 设定参数填写
- 3) 确定定性温度并完成填写此温度下的物性参数
- 4) 计算热负荷
- 5) 计算平均温差
- 6) 估算传热面积
- 7) 初选换热器型式
- 8) 计算阻力降并校核
- 9) 计算总传热系数
- 10) 计算所需传热面积并校核。

最后完成仿真操作，主要包括：开车前的准备工作，启动冷物流进料泵，冷物流进料、启动热物流进料泵，热物流进料等。在这个软件的学习中，采用了任务驱动，让学生遵循基本的设计思路和设计方法，自主进行流程设计和设备选择，培养了学生解决综合复杂工程问题的能力，强化了学生的创新创造思维。

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

实验结束，学生可生成完整的实验报告，包含实验内容、实验原理、实验数据、实验图表和实验分析等。

- (3) 其他描述：

在本项目中，不同的虚拟仿真实验由于教学实验目的不同，其对实验结果与结论的要求也不同。对于仿真操作型的实验，要求学生进行一定内容的学习，

按照规定步骤完成实验操作，并能够达到一定的熟练程度，从而保证学生对于基础知识的充分掌握；对于综合设计型的实验，则需要学生有开放性的思维，根据设计任务，进行设计操作。

2-9 考核要求

在本虚拟仿真实验项目中，三个层次采用了不同的考核方式。

第一层次，是为了检验学生对于基础理论和基本操作技能的掌握程度，主要根据学生学习的时间和操作熟练程度进行考核评分；

第二层次，主要考核学生对单元特征和操作能力，主要是根据学生操作正确与否、实验结果分析是否合理进行考核评分；

第三层次，主要考核学生解决复杂工程问题的综合能力，包括学生社会责任感、经济分析、项目管理等相关能力，主要是根据学生设计计算的结果是否合理、是否完成实验任务等进行评分。

2-10 面向学生要求

(1) 专业与年级要求

本虚拟仿真实验项目主要面向化工相关专业三年级及以上的本、专科、高职高专学生。

基本知识和能力要求等

在进行本虚拟仿真实验项目之前，学生应掌握高等数学、化工原理、化工热力学的相关知识，并具有一定的实践能力。

2-11 实验项目应用情况

(1) 上线时间：2018年9月

(2) 开放时间：2018年9月

(3) 已服务过的学生人数：200

(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=lzdxhvhg>

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）
要求带宽 20 Mb/s 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）
可同时满足 1000 个终端的服务要求。

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
仿真程序客户端操作系统采用 Windows7 及其以上版本；管理平台服务器操作系统采用 Windows7 及其以上版本。
- (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 setup.exe 插件容量 55M
下载链接：根据页面相关提示下载
- (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）
无。

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: i5 3.20GHz, 内存: 4GB 以上, 显卡: 2GB 显存以上,

硬盘: 50GB 以上

(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

专业图形工作站（专业图形显卡, Q4000 以上）

数据线, 信号线, 电源线

支架, 云台

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）	本项目软件使用三维软件进行建模, 实现真实场景在三维环境中的高精度模拟。通过 3D 引擎在 Windows 平台下通过 DirectX 技术实现 3D 渲染。通过骨骼动画、关键帧和序列帧动画制作 3D 动画。通过计算机图形学(实时阴影, 光照贴图, 凹凸贴图等) 和计算几何学（碰撞检测、射线检测、刚体、流体模拟等）等实现现象仿真。通过建立机理的模块, 并通过图形化建模进行模块的搭建和链接, 来实现数据

		<p>仿真。通过 VR, AR 和动作捕捉技术, 实现增强虚拟化变现和交互性。</p>
	<p>开发工具 (如: VIVE WAVE、Daydream、Unity3d、Virtools、Cult3D、Visual Studio、Adobe Flash、百度 VR 内容展示 SDK 等)</p>	<p>本项目软件采用 Unity3d 作为 3D 引擎, 采用 C#语言并通过 Visual Studio 工具进行程序开发。</p> <p>通过 SVN, MicrosoftProject 等工具进行程序版本控制和项目管理。</p> <p>通过 AdobeFlash 进行二维动画或交互资源的制作, 通过使用 AS 语言进行编译。</p> <p>通过 Maya3DMax 等工具制作仿真资源(模型, 贴图, 动画)</p> <p>通过图形化建模平台来制作后台数据模型。</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>单场景的模型总面数不会超过 100 万, 贴图分辨率为 512*512/1024*1024 两类, 软件分辨率为 1920*1080, 每帧渲染次数不少于 30 次、动作反馈时间不大于 30ms。</p>
管理 平台	<p>开发语言 (如: JAVA、.Net、PHP 等)</p>	JAVA
	<p>开发工具 (如: Eclipse、Visual Studio、NetBeans、百度 VR 课堂 SDK 等)</p>	IntelliJ IDEA
	<p>采用的数据库 (如: HBASE、Mysql、SQL Server、Oracle 等)</p>	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:

换热器是石油化工行业进行热交换操作的设备,在整个工艺设备中占有很高的比重,仅投资就占据整个工艺设备总投资的35%~40%。当前为了保护环境,注重节能降耗,综合利用能量;强化传热过程认知,根据任务进行换热器设计尤为必要。

由于换热器种类繁多,结构各不相同,实验室不能全面的提供实物模型以供学生了解;另外由于实验室空间限制不能进行换热器的实际拆装教学等,传热介质各不相同,操作条件高温、深冷,物料处理量大等,基于换热器实验教学的种种限制,开发具有虚拟现实特点的换热器仿真实验系统并将其应用在实验教学中具有非常重要的现实意义。

实验内容包括传热设备拆装、换热器设计、传热单元操作。通过拆装激发学生的学习兴趣,认识不同换热器的结构特征,掌握拆装工艺过程,训练动手能力。该部分也可用作化工制图、化工设备、化工认识实习等相关课程的演示素材。

虽然市场上各种设计软件很多,但强大功能的软件对于初学者来说不易掌握,提供简洁的设计平台,使学生在掌握理论基础后及时用于设计,探索传热过程的参数影响关系,解决工程问题。该部分可用于化工原理课程设计。

传热单元操作是化工原理的经典实验内容,以自己设计的换热器为对象进行仿真操作可以验证设计结果,也仿真了设计到工业应用的过程,可以提升学生的工程素养和职业使命感,培养化工从业人员的社会责任感。

本虚拟仿真实验项目以传热单元为主线,以化工原理实验中的传热实验为蓝本,实验教学内容采用了从简单到复杂,从认知到体验的递进式安排,涉及设备基础及动手能力培训;传热理论到设计能力的培训;单元操作及解决工程问题能力的培训。可满足不同层次、不同类型的人才培养需求。训练学生的设备安装维护、设备设计、过程操作能力,通过训练可扩大毕业学生就业范围及增强用人单位满意度。

(2) 教学方法:

坚持“能实不虚”的原则，以虚补实、线上线下融合的实验教学方法，从化工传热单元的实际出发，将实验教学中无法观察到的现象及实施困难、高危、有毒的单元操作采用 3D 虚拟仿真的形式突出展现。研发的换热器综合实验仿真系统在学时为了增强教学效果，采用教师讲授和学生自由练习及自主探索创新相结合的教学方式，采用线上线下相结合，在线统计学生在虚拟仿真实验中出现的问题，在课堂或实验现场中进行深入讲解，实现虚拟与现实实验教学之间的良性互动和互相促进。

(3) 评价体系：

本项目内容和资源实行开放式管理，校内外师生在获得授权后，可以自由使用。根据学生学习情况等及时更新教学内容、改进运行模式和技术手段、修订评价机制。同时，利用现代仿真实理论的传热技术，以规范化的标准建立基本部件和设备的数学模型及通用的基本模块；采用严格的用户确认系统、企业级的软件加密方式，确保用户个人信息与软件知识产权得以有效保护。

(4) 传统教学的延伸与拓展：

本项目让学生在了解实验原理的基础上，积极动手，反复训练，充分调动自己的聪明才智；将实验的设计和作有机融合，将传统实验：对固有换热器进行开停车、数据采集及处理的操作，拓展为换热器认识、拆装技能培训，设计能力培训及操作技能培训，使学生对传热过程有全方位立体化认知。

平台上还有教学资源网络化管理模块，在该模块上教师可以通过平台上传丰富的教学资源供学生学习；学生可以登录平台可进行在线学习资源操作；学生还可以针对各个学习资源进行评论讨论，共同学习等等。本实验教学项目平台的研发将大大延伸和拓展传统的实验教学，使得《化工原理实验》教学紧跟时代发展，实现现代化教学。

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。)

本项目确保被认定后1年内面向高校和社会免费开放并提供教学服务,1年后至3年内免费开放服务内容不少于50%,3年后免费开放服务内容不少于30%。今后5年持续建设服务计划如下:

第1年:面向高校和社会免费开放、提供教学服务:通过在线服务和教学反馈,根据学生使用情况,总结经验,对虚拟仿真实验系统进行改进和完善,并考察考核方式的合理性和实用性。在软件投入运行的一年内做到基本完善。

第2年:继续做到面向全国免费开放并持续改进:在开放过程中探索与学生现有课程体系的对接和融合,在提供在线服务的同时继续收集学生的相关反馈,做到在细节上针对不同层次、不同要求的持续改进。

第3年:实验内容的拓展提升和评价模式的改进:对该项目内容持续更新及对相关内容深度开发,在原有内容基础上增加新的教学内容并免费在线开放,持续收集使用者的反馈,对互动方式、实验成绩的评价体系进行完善,探索培养人才的实验教学新模式、新机制。

第4年:在持续开放的过程中继续拓展和提高:利用该虚拟仿真项目开设成体系的在线课程,在全国开放使用,优先向中西部高校开放。建设并充分锻炼教学团队,形成一支业务精湛、教学方式灵活、线上线下活跃的团队。同时形成完善的教学评价体系。

第5年:探索高校间合作机制:将虚拟仿真实验系统建设经验向其他高校推广,探索、建立高校间化工单元操作实验成绩互认、学分转换机制,发挥示范实验中心的教学示范引领作用。

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