

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	塔里木大学
实 验 教 学 项 目 名 称	传热 3D&VR 虚拟仿真综合实验
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	田维亮
实 验 教 学 项 目 负 责 人 电 话	18799901298
有 效 链 接 网 址	<a href="http://www.obrsim.com:88/?id=tlmdxsmkx">http://www.obrsim.com:88/?id=tlmdxsmkx</a>

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	田维亮	性别	男	出生年月	1977.06
学历	研究生	学位	博士	电话	0997-4685622
专业技术职务	副教授	行政职务		手机	18799901298
院系	塔里木大学生命科学学院			电子邮箱	twllong@126.com
地址	新疆阿拉尔市塔里木大学生命科学学院			邮编	843300
<p><b>教学研究情况：</b>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>田维亮，博士，副教授，硕士生导师，曾任学校化学实验示范中心常务副主任。新疆兵团高等学校优秀青年教师培养计划获得者。曾荣获学校优秀教师、优秀党员、教学质量优秀奖二等奖、优秀班主任、先进工会工作者等荣誉，多次指导学生获得全国化工设计竞赛二等奖和三等奖。自2000年以来承担了本科生“化工原理”课程、“分离工程”课程、“化工原理实验”课程、“无机化工工艺学”课程、课程“工程制图”课程，“化工制图与AutoCAD”等课程，并参与了学校化学实验示范中心资源共享、在线课程的建设工作。近5年平均课堂学时约450学时/年。教学效果优秀，受到学校督导、领导和学生的高度赞誉，多次获得学生100分的教学评价。每年指导10名以上本科生毕业论文、毕业设计。主持或参与了省部级多项教学改革项目，主编出版教材2部。在化工专业的学科交流、本科教学实验中心和示范中心建设等方面做了大量的工作，取得了一定的成果。</p> <p><b>目前在研主持的教学研究课题：</b></p> <p>1. 新疆兵团高等学校优秀青年教师培养计划课题“新疆特色矿产蛭石纳米复合功能材料制备与创新型人才培养”，2016-2019，<b>课题负责人</b>。</p> <p><b>作为第一作者发表的教学研究论文和教材：</b></p> <p>1、田维亮，关于化工专业建设与发展的几点思考，化工高等教育，2014，138(4): 17-19。</p> <p>2、田维亮，新时期塔里木大学化工专业建设发展的新机遇，塔里木大学学报，2014，138(4): 17-19。</p> <p>3、田维亮（主编），白红进，张越锋，穆金城，葛振红，李秀敏，吕喜凤，</p>					

《化学工程与工艺专业实验》，华东理工大学出版社，2015

4、**田维亮(主编)**，白红进，张红喜，孙宝昌，葛振红，张越锋，吕喜凤，张蕾，陈明鸽，《化工原理实验及单元仿真》，化学工业出版社，2015

#### 获得的教学奖励：

- 1、2013 年塔里木大学教学质量优秀奖“二等奖”
- 2、2012 年塔里木大学“青年教师讲课竞赛优秀奖”
- 3、2011 年塔里木大学“优秀教师”
- 4、2012 年塔里木大学“优秀共产党员”
- 5、2012 年,2013 年,2014 年,2017 年和 2018 年多次指导学生在全国化工设计大赛获得二等奖和三等奖，2017 年和 2018 年指导学生在全国化工实验大赛获得西北赛区一等奖和二等奖

**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：

- 1、于超分子组装原理二维层状蛭石剥离与组装机理研究(21761029)，国家自然科学基金地区基金项目，2018 -2021，**负责人**。
- 2、基于超分子组装二维有机无机复合功能材料的制备及传感性能的研究(U1162104)，国国家重点实验室开放课题，2016-2018，**负责人**。
- 3、新疆农业废弃物棉籽壳在离子液体中催化制备 5-羟基糠醛（5-HMF）的研究，2012/07-2015/06（CRE-2012-C-105），国家重点实验室开放课题，2012-2014，**负责人**。
- 4、新疆蛭石插层结构热稳定剂的制备及在 PVC 工业应用技术的研究（ZZ1501），北化-塔大联合基金，2016-2018，**负责人**。
- 5、煤沥青基活性炭的制备和性能研究（2013107570011），国家级大学生创新课题，2013-2014，**指导教师**。

公开发表学术论文：近 5 年发表 SCI 学术论文 10 余篇。

#### 代表性论文如下：

1、**Weiliang Tian(#)**, Haoyuan Li, Bangchang Qin, Yuqi Xu, Yongchao Hao, Yaping Li, Guoxin Zhang, Junfeng Liu(\*), Xiaodong Lei(\*), Xue Duan, Tuning the wettability of carbon nanotube arrays for efficient bifunctional catalysts and Zn–air batteries, J. Mater. Chem. A, 2017.3.15, 5: 7103–7110.

2、**Weiliang Tian(#)**, Xiangui Kong, Meihong Jiang, Xiaodong Lei(\*), Xue

Duan, Hierarchical layered double hydroxide epitaxially grown on vermiculite for Cr(VI) removal, Materials Letters, 2016.04.01, 175: 110~113

3、**Weiliang Tian**(#), Cheng Wang, Ruida Chen, Zhao Cai, Daojin Zhou, Yongchao Hao, Yingna Chang, Nana Han, Yaping Li, Junfeng Liu, Feng Wang(\*), Wen Liu(\*), Haohong Duan(\*) and Xiaoming Sun, Aligned N-doped carbon nanotube bundles with interconnected hierarchical structure as an efficient bi-functional oxygen electrocatalyst, RSC Advances, 2018, 8: 26004–26010 (SCI)

4、Zhenhong Ge(#), **Weiliang Tian**(\*), Kewei Zhang, Mingge Chen, Shaowei Qin, Xiping Chen, Wenjie Liu, Preparation of cellulose and synthesis of 5-hydroxymethyl furfural from agricultural waste cottonseed hull, Applied Engineering in Agriculture, 2016.10.01, 32(5): 661~667

5、Xiaohua Liu(#), **Weiliang Tian**, Xiangui Kong, Meihong Jiang, Xiaoming Sun, Xiaodong Lei(\*), Selective removal of thiosulfate from thiocyanate-containing water by a three-dimensional structured adsorbent: a calcined NiAl-layered double hydroxide film, RSC Advances, 2015.10.2, (5):87948~87955

#### 获得的学术研究奖励：

1、2017 年新疆兵团 “高等学校优秀青年教师培养计划”。

2、**田维亮**（第一发明人），葛振红，陈明鸽，秦少伟，舒尊哲，一种以蛭石为原料制备 PVC 热稳定剂的方法，中国国家知识产权局，授权号：CN 106589451 B，2018.4.6

3、**田维亮**（第一发明人），葛振红，罗斌，王秋玉，曹婉婧，袁江，段雪，一种用天然矿为原料制备 PVC 稳定剂的方法，中国国家知识产权局，授权号：CN 104292888 B，2018.3.27

4、**田维亮**（第一发明人），葛振红，一种从线切割废砂浆中分离回收碳化硅和硅的方法，中国国家知识产权局，授权号：CN 103121684 B，2016.2.24

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	白红进	塔里木大学	教授	学院书记	实验方案	
2	陈俊毅	塔里木大学	副教授		传热单元操作教学内容设计	
3	李仲	塔里木大学	讲师		传热单元操作教学内容设计	在线教学服务
4	秦少伟	塔里木大学	高级实验师		异常情况及事故的紧急处理内容设计	技术支持
5	张红喜	塔里木大学	副教授		实验内容设计, 在线教学服务	在线教学服务
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	王旭峰	塔里木大学	教授	教务处副处长	实验内容设计, 在线教学服务	在线教学服务
2	于海峰	塔里木大学	副教授	系主任	流体流动及输送设备模块内容设计	在线教学服务
3	舒尊哲	塔里木大学	副教授		传热单元操作内容设计	在线教学服务
4	吕喜风	塔里木大学	讲师		换热器模块内容设计	技术支持
5	戴勋	塔里木大学	讲师		流体流动及输送设备模块内容设计	
6	丁慧萍	塔里木大学	副教授		传热单元操作教学资源整理	
7	陈明鸽	塔里木大学	实验师		教学资源开发指导	
8	陈新萍	塔里木大学	高级实验师		教学资源开发	
9	刘晓静	塔里木大学	讲师		教学资源开发	
10	王芳	塔里木大学	副教授		在线教学服务	
11	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
12	马军建	北京欧倍尔	工程师		网络资源开发与维护	技术支持

		软件技术开发有限公司				
13	滕珊珊	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
14	孔群	北京欧倍尔软件技术开发有限公司	工程师	特效负责人	特效设计	技术支持
15	徐洋	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
16	杨涛	北京欧倍尔软件技术开发有限公司	工程师	UI 设计师	UI 设计	技术支持
<p>以项目建设为中心，凝聚了一支年富力强，学术水平高、能力过硬、结构合理的教学团队。该团队由化工原理理论课教师、化工原理实验指导教师和软件开发工程师组成，其中的大部分教师是化学和化工专业教学团队的成员。团队成员在理论、实践和虚拟仿真方面经验丰富、知识和能力过硬、有很好的合作经历。在本项目的建设过程中，实现了课堂理论教学、实践教学和虚拟仿真三方面的互相协同和促进。</p> <p>本项目建设的依托单位是塔里木大学化工专业实验教学示范中心。化工专业实验教学示范中心是学校化工类创新人才培养基地的重点扶持基地。虚拟软件的开发由北京欧倍尔软件技术开发有限公司协助完成，该公司是一家以计算机仿真技术、虚拟现实技术、网络技术的开发与推广应用为核心的高新技术企业，现已与国内上百所院校建立了长期合作关系，具有丰富的虚拟仿真项目建设经验和雄厚的技术力量。</p>						
项目团队总人数：（21 人）高校人员数量：（15 人）企业人员数量：（6 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 3D&VR 虚拟仿真综合实验

### 2-2 实验目的

很多化学物质易燃、易爆或具有一定的毒性，很多化工过程需要在高温、高压的环境下操作，这使得化工生产过程具有众所周知的高危、高毒、高风险的特

点,使化工类专业学生的实践环节受到了很大的局限。而实践教学环节对于培养和提高化工类专业学生的工程实践能力、创新精神和创新能力又不可替代。此外,一些理论知识抽象难于讲解,而且在实际操作中难以呈现。为解决上述问题,本项目采用虚拟仿真的教学手段,拓展实践教学的广度和深度,以达到巩固学生基础理论知识,培养学生实际操作能力、分析解决问题能力、研究设计能力和创新能力的目的。

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和综合型强的传热单元操作为主线,开发构建了本虚拟仿真项目“化工生产典型传热单元 3D&VR 虚拟仿真综合实验”。一方面因为传热是工业上应用最广泛的热量交换操作,也是化工原理理论和实践教学中的一项重要内容;另一方面传热操作是一项综合型很强的单元操作,并把化工的“三传”理论(动量传递、热量传递和质量传递)有机地结合在一起,有利于学生综合能力的培养。同时传热单元操作也是塔里木大学化工学科的重点扶持研究领域,在国内具有很高的声誉,方便及时将专业内的先进科研成果用于该项目的后续开发和更新。

本项目采用了从易到难、从简到繁、多方位拓展递进式教学方法,从学生的需求和发展出发,构建了多层次(包括仿真操作模块、模拟计算与调控模块和综合设计模块)共七个教学模块的实验教学内容。这些教学模块既相互独立,又互有联系。

应用该虚拟仿真项目进行实验可达到如下目的:

- 1、使学生加深对化工基本单元操作中理论知识的理解。
- 2、使学生掌握化工单元操作的基本步骤与方法。
- 3、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。
- 4、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)

本虚拟仿真实验项目以化工传热单元操作为主线,将化工过程中典型的“三传”(动量传递、热量传递、质量传递)进行综合仿真、模拟和设计。传热,即热交换和热传递,是自然界和工业过程中一种最普遍的热传递过程。在化工过程中,几乎所有的化学反应都需控制在一定的温度下进行。为了所要求的温度,物料在进入下一个设备前常需要加热或冷却到一定温度。

换热器是进行热交换操作的通用工艺设备,广泛应用于化工、石油、石油化工、动力、冶金等工业部门,特别是在石油炼制和化学加工装置中,占有重要地位。换热器的操作技术培训在整个操作培训中尤为重要。

传热的基本方式有:热传导、热对流和热辐射。根据换热器的作用原理不同,

通常可分为：混合式换热器、间壁式换热器、蓄热式换热器。根据换热器的用途可分为：加热器、冷却器、冷凝器、蒸发器、分凝器和再沸器等。根据换热器所用材料可分为：金属材料换热器和非金属材料换热器。

化工生产中的换热器，绝大部分为间壁式换热器，它利用金属管将冷、热物流隔开。热物流以对流传热方式将热传到间壁面的一侧，再经过间壁的热传导，最后由间壁的另一侧将热传给冷物流，实现热物流被冷却、冷物流被加热至化工生产过程中对冷、热物流的要求温度。

### 1、工艺参数

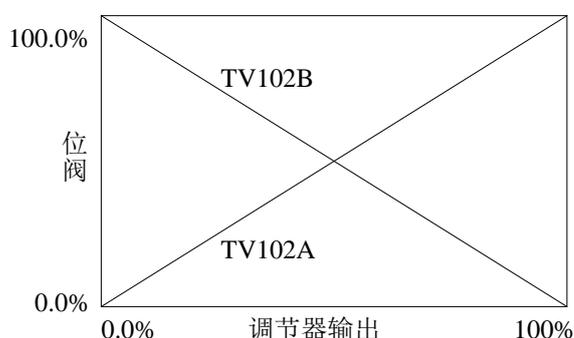
名称	项目	单位	指标
冷物流进料	温度	°C	92
	流量	kg/h	19200
热物流进料	温度	°C	225
	流量	kg/h	20000
冷物流出口	温度	°C	142
热物流出口	温度	°C	177

### 2、流程说明

本单元设计采用管壳式换热器。来自边界的冷物流（92°C）由泵 P101A/B 送至换热器 E101 的壳程与流经管程的热物流换热，温度上升至 142 °C冷物流流量由流量控制器 FIC101 控制，正常流量为 19200kg/h。来自另一设备的热物流（225°C）经泵 P102A/B 送至换热器 E101 与壳程的冷物流进行热交换，热物流出口温度由 TIC102 控制(177°C)。

为保证热物流的流量稳定，TIC102 采用分程控制，TV102A 和 TV102B 分别调节热物流流经 E101 主线和副线的流量，TIC102 输出 0%~100% 分别对应 TV102A 开度 0%~100%，TV102B 开度 100%~0%。

TIC102 的分程控制线：



本项目设置的由浅入深、由易到难的知识点主要有：

1. 传热单元操作的基本流程和基本工艺；
2. 管壳式换热器的类型、内部结构的特点、功能等；

3. 流体输送设备的类型、结构特点、功能等；
4. 传热设备的类型、结构特点、功能等；
5. 传热过程开、停车和正常运行的操作步骤；
6. 传热过程中的异常现象、产生原因以及正常的处理方法；
7. 传热过程中冷流股、热流股温度等对传热过程及产品质量的影响；
8. 换热器内热量的变化对过程及产品产量、质量的影响；
9. 换热器类型、设备参数的变化对传热过程的影响；
10. 不同的物系在传热过程中的变化和过程差异等。

以上知识点涵盖了流体流动和传热等领域，使学生在相关的基本理论、基础操作、工程拓展以及研究设计等多个方面的能力都能够得到锻炼和提高。

#### 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塔里木大学化工基础实验教学示范中心用于实践教学的传热实验设备的基础上开发拓展的。中心研发了基于 PLC 控制系统的传热实验平台，该平台具有网络化、工程化和综合化的特点，可实现与虚拟仿真系统的结合。



图 1 换热实验设备实物图和 3D 虚拟仿真实验图

针对化工厂传热过程的更好的模拟及在实际教学中不宜开展的设备改装和更换等实验内容，本项目以本中心使用的传热实验装置为蓝本（图 1 和 2），开发了传热 3D&VR 虚拟仿真综合实验。该软件对已有的实验内容进行了扩展和提升，并且加入了流体流动和离心泵的相关内容，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，学生在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。



图 2 换热 3D 实验工厂虚拟仿真图

### 2-5 实验材料（或预设参数等）

本虚拟仿真实验项目采用软件开发，整个软件系统以传热单元操作为主线进行展开，包括三个层次七个教学模块。

在本项目中，预设实验体系为：空气-高压蒸汽、低温空气-高温空气等物系，学生可选的换热器类型有普通管和强化管等，流体输送设备可以为不同型号、不同种类的泵，仿真实验工厂分为冷态开车、正常运行、正常停车和异常情况下的泵坏、阀坏、换热器管堵和换热器结垢等模式也可以由学生自主选择，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。

### 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）

信息技术的快速发展，“互联网+教育”已经在改变着理论课堂教学的方式，也将同样改变实践教学，将互联网和信息化技术运用到实践教学具有重要的意义。尤其当今社会对于化学工业的“安全、环保、健康”提出了更高、更严的要求，在化工专业实践教学过程中，化学工业的安全因素、教学设施不足和教学手段的限制制约了实践教学的效果，使得将互联网和信息化技术用于化工类专业实践教学的意义、紧迫性和必要性更加突出。

在本项目中，根据学生的需求与知识结构，构建了多层次（仿真操作模块、模拟计算与调控模块和综合设计模块）七个教学模块（见图 3）的实验内容，使实践教学内容由验证理论向综合应用、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，根据自己的需要来进行自主学习。

本项目中设置的三个层次在知识水平、能力要求上逐渐提高，学生可以根据自己的需求进行学习。在教学安排上要求学生在完成一个层次的学习并达到一定要求后，才能够进入到下一层次的学习，使学生在学习过程中有“闯关式”的体验，既保证了学生每个层次的学习效果，又可以激发学生的学习热情和兴趣。

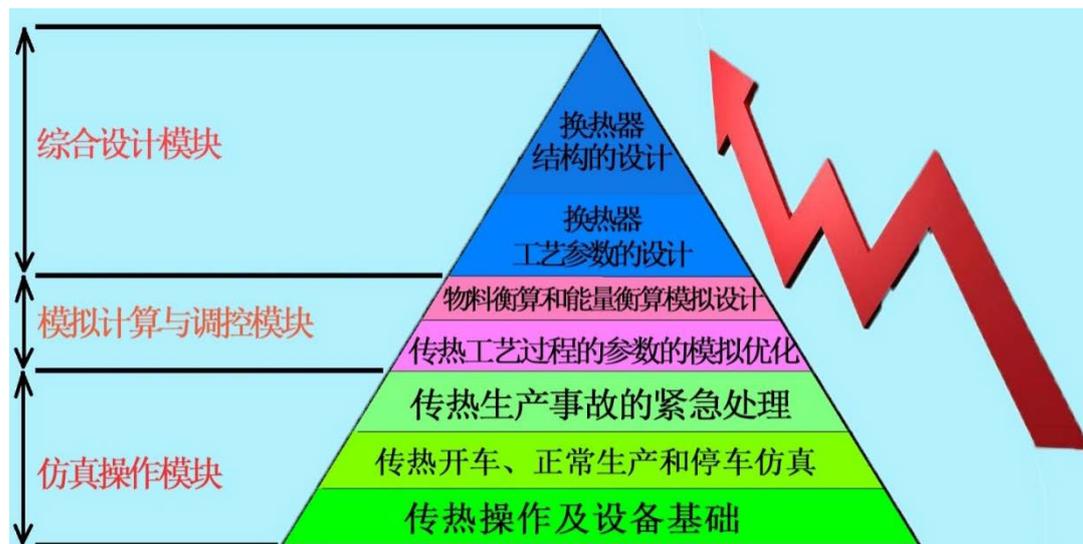


图3 教学模块递进式三层次结构与七个教学模块

仿真操作模块包含：传热工艺过程及设备基础；传热开车、正常生产和停车；传热生产事故的紧急处理；冷物料泵出口法兰泄露着火；换热器热物料出口法兰泄漏着火。

模拟计算与调控模块包含：传热工艺过程参数的模拟优化；物料衡算和能量衡算模拟计算。

综合设计模块包含：换热器工艺参数的设计；换热器结构的设计。

下面对每个模块的功能、实施过程进行说明。

### 1、传热单元及相关设备的认识

本模块主要包括传热工艺的主要原理（图4）、流程（图5）、设备及过程特点等，并拓展介绍相关的流体流动和流体输送等设备。



图4 实验目的和实验原理

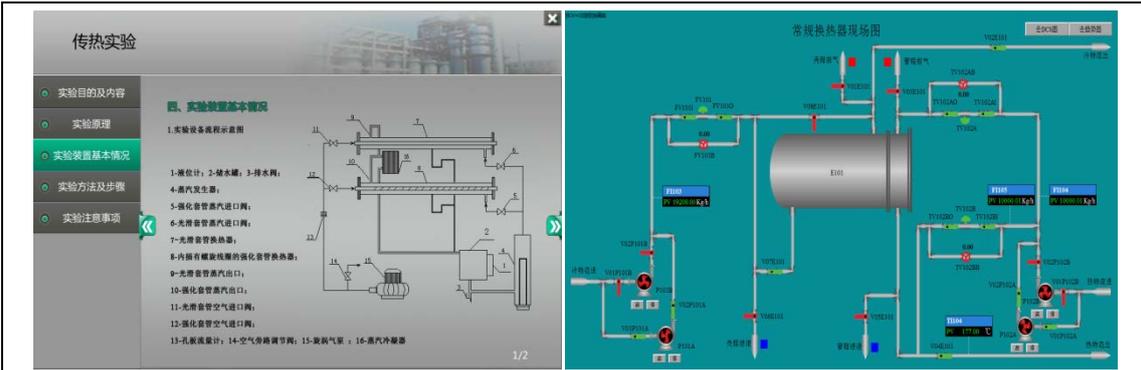


图 5 实验流程图

在该模块中，针对换热器的主要部件（如列管结构、封头、折流挡板和膨胀节等）、储罐、原料输送设备等，通过三维建模，将流体在塔内的流动状况、设备的剖面、拆装和各角度视图进行充分展示（见图 7~图 8），使设备及流程更形象和直观，便于学生学习和理解，以提高学习效果。



图 6 换热器操作演示



图 7 换热器内部构件介绍



图 8 换热器结构拆卸与组装操作演示

在本模块中，还对换热过程中使用的仪表、阀门、管件、换热器和设备泵及储罐进行拓展介绍，有专门的页面将泵和阀门与仪表的相关内容展示（图 9~图 14）。学生在学习精馏相关知识的同时，也掌握动量传递和热量传递的相关知识，建立起“三传”之间的相互联系，为对整个流程的综合设计打下基础。



图 9 离心泵结构讲解



图 10 闸阀详细结构讲解



图 11 仪表结构讲解



图 12 流量计结构讲解



图 13 板式换热器结构讲解



图 14 截止阀详细结构讲解

下面我们一截止阀为例，来展示设备原理、特点及适用场合、主要种类、二维演示和三维演示，具体内容如下：



图 15 截止阀设备原理



图 16 截止阀特点及适用场合



图 17 截止阀主要种类



图 18 截止阀二维演示



图 19 截止阀三维演示

通过本模块的学习，学生对传热过程及相关的传质、传热和流体流动相关过程形成初步认识和了解，方便学生将理论知识与实际设备在知识体系中进行对接，熟悉传热操作过程的分离原理、主要物料走向、主要设备及流程特点等。

## 2、传热单元操作的开车、正常运行、停车

本模块的主要目的是让学生掌握传热设备的开、停车方法及正常运行过程中所需要控制的相关参数等。主界面如图 13~15 所示。在这一单元，采用指导模式和自主操作两种学习方式。指导模式的学习，是学生在软件提示下，进行设备的开停车步骤和正常运行操作。学生也可以选择自主操作模式，自主操作设备的开车、正常运行和停车步骤。系统会根据学生自主操作的正确性和熟练程度，对学生的操作评分，以检验学生对这部分知识的掌握程度。

在本模块中，通过多种技术手段，将传热单元操作开、停车和正常运行的过程与流程参数以曲线图、柱状图等展现给学生，学生可以直观、生动地了解在操作过程中发生的流动、传热和传质等过程变化，提高实验教学项目对学生的吸引力。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。



图 20 传热 3D 虚拟仿真实验工厂装置图



图 21 传热 3D 虚拟仿真实验装置控制及仪表界面

### 3、异常情况及事故的紧急处理

本模块的学习目的是让学生了解传热操作中各种异常操作现象、产生的原因及处理方法，增加学生的实践经验，提高学生应对紧急突发情况的处理能力。

在传热操作中，一些异常操作现象（如阀坏、泵坏、管堵和结垢等，见图 22）会使换热器故障甚至使操作无法进行，情况严重甚至会造成事故发生。这些状况是实际生产过程中要避免发生的，在实际的实践教学，从安全等多方面因素考虑，很难让学生直观了解相关的知识。在本模块中，通过虚拟仿真的方法，采用多媒体、三维建模的手段模拟了这些在实际实验过程中不允许或者不希望出

现的现象,对这些现象产生的原因和解决方案进行介绍,以拓展学生的认知范围。

在本模块的教学中,还着力加强对学生安全意识的培养,在异常情况的介绍中,除了介绍异常情况导致的隐患或事故以外,还会对工业生产常用事故进行介绍。如果学生在自主操作过程中没能及时消除隐患,在虚拟仿真界面上会演示异常情况导致的事故发生,以加深学生的印象,提高学生的安全意识。



图 22 传热过程中不正常现象的演示

本模块的学习采用介绍和虚拟操作结合的方式进行。首先,学生进入该模块后,可以自主选择具体的异常项目,了解该种异常情况产生的原因、现象、危害和解决方法,增强学生对于安全、环境等多方面的认识。这一模块的内容采用文字、图片、三维动画、视频结合的方式展现,直观生动。使学生充分认识到所学习内容的重要性和必要性,激发学生的学习热情。之后,可以采用虚拟仿真操作的方法,学生自主选择需要被处理的异常情况,按照规定的紧急处理方案在虚拟仿真装置上进行操作,直至异常情况或事故隐患被排除,生产过程恢复正常。在操作过程中,系统会对学生的操作正确率和熟练程度评分,并指出学生的错误之处,以加深学生的印象,学生为获得满意的成绩可以重复演练,为将来现实操作打下良好的基础。由于采用了虚拟仿真的实验手段,学生在学习过程中全程无需接触真实设备及实验物料,学习过程安全、环保,杜绝了各种危害的发生。

在本部分内容中,还通过对有毒物系的环境危害性、泄露会引发的环境问题等的相关介绍,增强学生的安全、环保意识,强化对学生社会责任感的培养。

#### 4、常压单元操作参数变化对换热过程的影响

在换热操作中,过程参数(如冷热物料的温度、压力等)会受到某些因素(如冷热物料的流量、出口温度等)的影响而发生变化,而掌握这些变化发生的原理,对于理解精馏操作和保证精馏过程的稳定至关重要。在实际的精馏实验中,由于设备条件的限制,过程参数的稳定需要较长时间。在虚拟仿真实验中,可以便捷地对这些影响精馏过程的因素进行考察,并且将这些过程参数的变化通过系统加速快速显示出来。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。

### 5、换热器设备参数对传热过程的影响

换热器设备的参数的调整，如改变换热器的面积、改变换热器类型、改变输送流量等，是化工单元操作实践教学很重要的内容。但是在实际的传热实验中，由于安全因素、实验室空间限制、设备制作改造成本高、耗时长等因素的制约，学生往往没有机会在实验室进行设备的改装和调整。对此，借助虚拟仿真实验技术，可以实现零成本、快速地按照设计或计算得到的参数对设备进行调整，然后在改造后的虚拟实验设备上开展换热操作，通过虚拟实验来验证设计和计算的正确性，以确定下一步的设计方案。还可以通过针对某一物系设置分离任务，由学生自主选择采用何种换热器设备完成，并进行相关的可行性、经济性和安全、环保等多方面评估，培养学生的项目管理能力，最终由系统或教师对学生完成任务的过程和效果（包括安全、经济性等）进行考察。通过该模块的学习，学生得到更综合的训练，对于培养学生的研究能力和解决综合复杂工程问题的能力都有很大帮助。

### 6、实验物系的变化对传热过程的影响

在传热过程中，不同的物系通常导热系数和粘度等物性是不一样的。不同的物系在传热过程中也会表现出不同的传热效果。这部分内容比较抽象，不利于学生的理解和掌握。最好的方法是通过实践，使学生建立从感性到理性的认识。但是在现实实践中，由于某些化学品具有一定的毒性和易燃、易爆的性质，安全隐患大，更换实验物系耗时长、成本高，并且存在化学品保存和处置等诸多问题，所以在传热实验中很少进行物系的更换，也不会采用有危险性的物系进行实验。在本虚拟仿真实验项目中，可以安全、便捷、低耗、高效地进行实验物系的更换。学生可以根据学习要求，自主选择虚拟物系及实验设备进行实验，比较不同物系在同一换热器中的过程变化和换热效果。在本教学模块中，可以充分发挥学生的自主性，培养学生分析解决复杂问题的综合能力、创新思维与创新能力。

### 7、换热器 VR 虚拟工厂模拟仿真



图 19 传热 3D 虚拟仿真实验工厂装置图

V 采用 VRTK 作为引擎工具，是 VR 虚拟现实十多种技术的综合，包括实时三维计算机图形技术，广角（宽事业）立体显示技术，可对观察者头、颜和手的跟踪技术，以及触觉/力觉反馈、立体声等技术。鉴于每个学生和老师对计算机的掌握程度不同，操作者只需要 3D/VR 虚拟现实智能教室简单易用，一看就会，轻松连接，而无须太多复杂的操作便能够很快的进行信息化教学。

## 8、换热器工艺数据模拟计算与指标调控优化

进行工艺计算是化工类学生最基本的技能。伴随信息化技术的快速发展，化工计算和模拟也实现了实质性的突破。Aspen Plus 是一款功能强大的集化工设计、动态模拟等计算于一体的大型通用流程模拟软件。它起源 20 世纪 70 年代后期，当时美国麻省理工学院（MIT）组织会战，要求开发新型第三代流程模拟软件，这个项目称为“先进过程系统”（Advanced System for Process Engineering），简称 ASPEN。这一大型项目于 1981 年底完成。1982 年 Aspen Tech 公司成立，将其商品化，称为 Aspen Plus。

Aspen Plus 是基于稳态化模拟、优化、灵敏度分析和经济评价的大型化流程模拟软件，为用户提供一套完整的单元操作模块，可用于各种操作过程的模拟及从单个操作单元到整个工艺流程操作。

本项目通过线上和线下相结合学习方式，全面提高学生的专业技能，通过 Aspen Plus 模拟计算软件进行传热工艺过程的物料衡算和能量衡算，减少换热器手工计算的误差，提高计算准确性，全面提升教学的信息化，如图 23。同时利用该软件，对换热工艺过程参数（比如温度与热负荷，气化分率与泡点温度和露点温度等）的模拟计算优化，如图 24 和 25 所示。

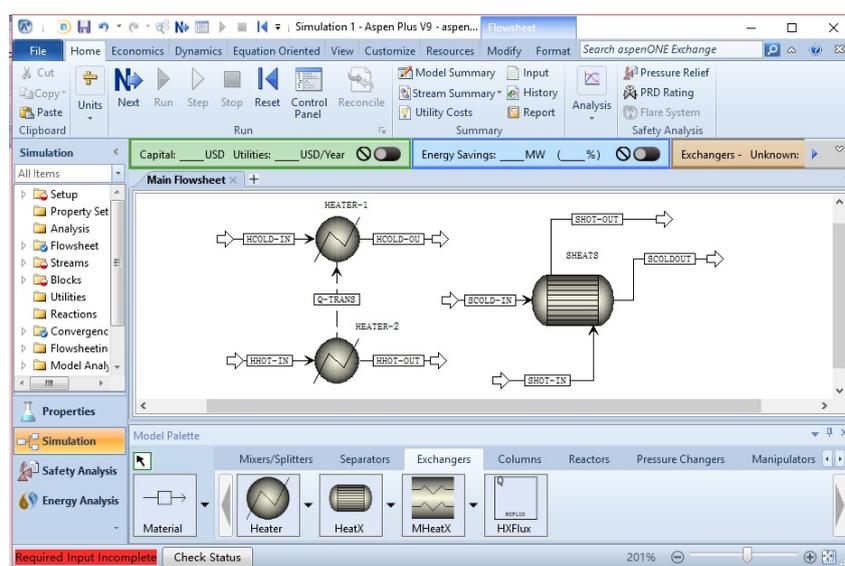


图 23 传热过程中不正常现象的演示

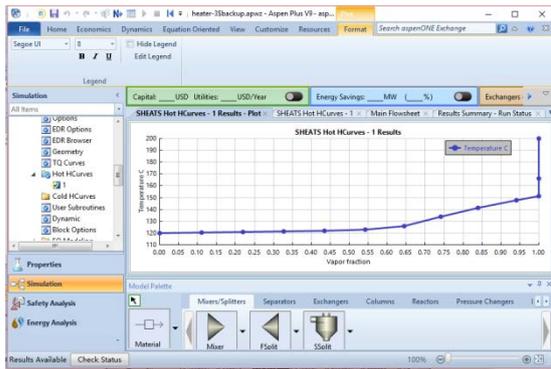


图 24 传热过程中不正常现象的演示

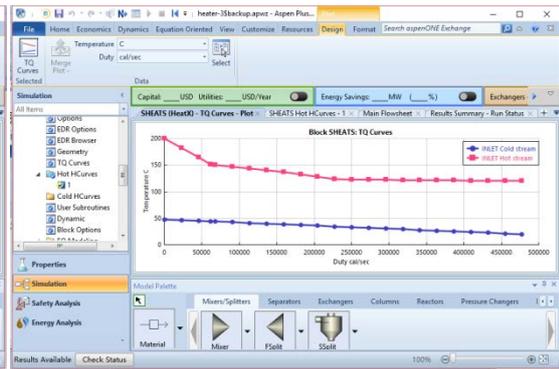


图 25 传热过程中不正常现象的演示

### 9、换热器塔器结构设计计算

本项目也采用 Aspen Tech 公司开发的换热器设计软件 ASPEN Exchanger Design & Rating (EDR)进行换热器设计，实现了与化工设计院实际工作的衔接，复合教育部提出的“新工科”的教学理念，在化工专业实践教学中具有里程碑的意义，也对化工类创新人才的培养具有重要的意义。

根据上步物料衡算和能量衡算的模拟计算的结果数据，输入 ASPEN EDR 换热器设计软件，进行结构、尺寸、费用等的设计与优化，如图 26、27 和 28 所示。

Process Data

	Hot Stream (1) Shell Side		Cold Stream (2) Tube Side	
	In	Out	In	Out
Fluid name	1		2	
Mass flow rate (total)	kg/h	145	113	
Temperature	C	100	50	15
Vapor mass fraction		1	1	1
Operating pressure (absolute)	psi	3	2.4	3
Pressure at liquid surface in column				
Heat exchanged	kcal/h			
Adjust if over-specified		Heat load		Heat load
Estimated pressure drop	psi	0.6		0.6
Allowable pressure drop	psi	0.6		0.6
Fouling resistance	ft <sup>2</sup> h <sup>2</sup> F/BTU	0		0

图 26 EDR 换热器设计数据输入

Weights	lb	Cost data	Dollar(US)
Shell	306.5	Labor cost	5352
Front head	38.2	Tube material cost	237
Rear head	49.4	Material cost (except tubes)	893
Shell cover			
Bundle	244.8		
Total weight - empty	638.9	Total cost (1 shell)	6483
Total weight - filled with water	763.4	Total cost (all shells)	6483

图 27 EDR 换热器设计数据输出

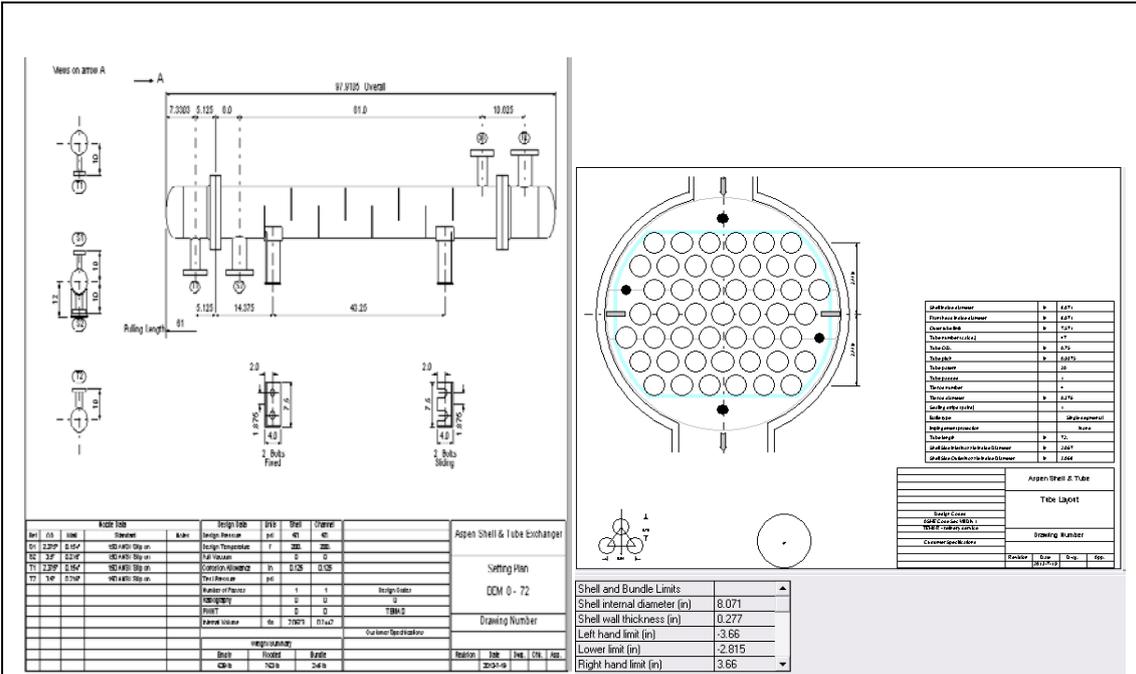
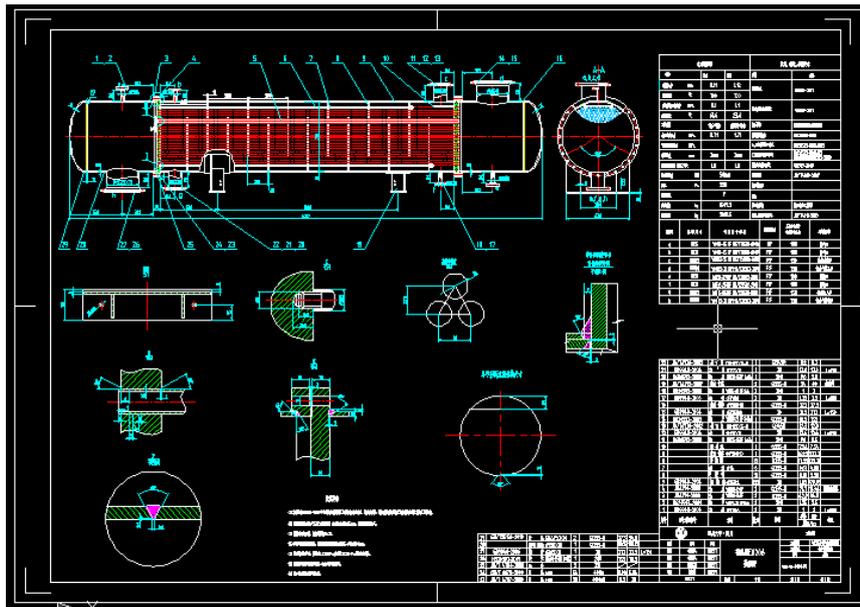


图 28 EDR 换热器设计结构的设计

众所周知，AutoCAD 软件是由美国欧特克有限公司(Autodesk)出品的一款自动计算机辅助设计软件，用于二维绘图、详细绘制、设计文档和基本三维设计，通过它无需懂得编程，即可自动制图，因此它在全球广泛使用，可以用于土木建筑，装饰装潢，工业制图，工程制图，电子工业，服装加工等多方面领域。

本项目通过 EDR 换热器设计的结构结果，利用 Auto CAD 装配图的绘制，真正实现了工程的拓展，如图 29 所示。



## 10、仿真软件主要功能简介

### 1)功能菜单



图 30 功能菜单

工艺：可查看相关的生产工艺讲解，左键双击视频画面可全屏，再次双击退出全屏。

知识点：点击可查看每个设备的知识点，点击结构组成可查看当前设备的视频介绍，通过点击关闭符号可以退出视频播放界面，如图 31 所示。

设置：根据操作习惯调整系统设置。

### 2) 对话界面（主要用于安全演练场景）

点击左下角聊天信息的右侧指令，出现对讲机预设内容，选择人物后选择对话内容，点击发送即可。此外，还可以进行自由对话，通过左下角文本框，输入任意文字，点击右侧发送即可，如图 32 所示。



图 31 知识点界面



图 32 对话界面

### 3) 工具栏（主要用于安全演练场景）



图 33 工具栏界面

场景中的空气呼吸器、手套、警戒绳、F 型扳手、普通扳手、灭火器、消防水炮均可以通过右键使用，人物会佩戴相应的道具，同时工具栏会显示道具。点击工具栏的各道具，道具会脱下，放置到原位置。

#### 4) 人物技能（主要用于安全演练场景）



图 34 人物技能界面

当角色使用灭火器或消防水炮时，会出现相应的技能图标，点击该图标，则该图标会释放相应的技能，再次点击工具栏中该道具，则会停止释放该技能。

#### 5) 高亮显示（主要用于安全演练场景）

具有操作指引功能，当触发某些条件后，场景中会出现一些高亮显示点，比如班长命令安全员到门口拉警戒绳，则在需要拉警戒绳的位置会出现高亮点。此时，需要安全员携带警戒绳到高亮点附近，警戒绳会自动放置，同时高亮点消失。



图 35 高亮显示界面

虚拟仿真实验各层次之间采用了“闯关式”的方法，学生只有完成前一层次的学习且达到一定分数后，才能进入到下一层次的学习。不同类型，不同水平的学生可以根据自己的需求决定学习的内容和深度。在完成第一层次的学习之后，学生能够掌握进行换热实验的基本理论、操作基本方法等，也可以作为学生开展真正实践教学的准入和预演，真正做到虚实结合，以虚补实。一方面保证了学生学习过程的循序渐进，将过程与设备的基础理论掌握扎实后再开始拓展及综合型的学习，保证了学习效果；另一方面，由于学生在自主学习过程中体验到成就感和满足感，激发了学生的学习热情和积极性。

本虚拟仿真实验项目在内容和学习方法的设置上环环相扣，采用递进式的学习路线，形成了对学生的知识传授、能力培养和素质提高的多层次的教学模式。在每一个环节上都有横向的知识拓展，有针对性的教学设置让每个层次的学生都

能够在某一环节将所需了解的知识进行充分的学习与掌握。

在教学过程中，授课教师可以通过教师端在线统计学生在使用虚拟仿真实验系统过程中出现的问题（见图 36~图 37），对于出现次数多、有代表性的问题，授课教师可以将其带到课堂或实验现场，进行有针对性地讲解和演示，从而实现实验教学的线上线下相结合，虚拟仿真与实验教学的互相促进。



图 36 用户学习情况统计

#### 培训项目列表

序号	培训项目名称	使用次数(次)	最新成绩	使用时间	操作
1	冷态开车	2	0.00	06:14	启动 查看记录
2	正常运行	1	100.00	00:40	启动 查看记录
3	正常停车	0		00:00	启动 查看记录
4	FV101阀卡	0		00:00	启动 查看记录
5	P101A泵环	0		00:00	启动 查看记录
6	P102A泵环	0		00:00	启动 查看记录
7	TV102A阀卡	0		00:00	启动 查看记录
8	TV102B阀卡	0		00:00	启动 查看记录
9	换热器管堵	0		00:00	启动 查看记录
10	换热器结垢	0		00:00	启动 查看记录

图 37 单个实验模块学习情况统计

## 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，共分为三个层次（分别为仿真操作模块、模拟计算与调控模块和综合设计模块），七个教学模块。学生在学习过程中，按照从易到难，从认知到体验的过程，从仿真操作型开始，首先进入第一个模块。在完成第一层次的学习并满足一定的要求后，才可以开始下一层次学习。各层次之间采用了“闯关式+线上和线下”的方法。在每一个模块中，由于学习目的和学习内容有所区别，所以实验方法和实验步骤也不尽相同。在每一个模块中，都强调了学生的自主学习

意识，由学生自主进行学习和实验操作。可以归纳为三种实验方法，分别为“介绍认知，自主学习”、“指导运行，自主操作”和“任务驱动，自主设计”。

## (2) 学生交互性操作步骤说明：

本模块的操作步骤和学习内容是传热过程进行正常运行所需要的操作步骤，学生在进行其他模块学习时也需要进行这些步骤的操作，一方面可以强化学生基础实践能力，加深其对操作规程的熟悉程度，另一方面也加深了学生对于传热操作过程的理解，使学生建立工程操作的概念。

在本层次的两个模块学习完成后，系统会对每个学生的学习效果进行评价，当分数满足一定要求时，学生就可以点击进入第二层次“模拟计算与调控模块和综合设计模块”的学习模块中进行学习。如果分数不能达到要求，则需要学生继续在第一模块中进行操作，直到分数达到要求后，才能进入下一层次的学习。

采用线下方式进行模拟计算与调控和综合设计，锻炼学生化工设计的能力，通过提交的结果，考核学生是否通过，给予本课程的综合评定。

在本项目中，学生需要按照任务布置-虚拟操作-模拟计算-设备选择-图纸绘制-结果检验的路线来进行学习，如果达不到任务要求还需要进行反复尝试，直到完成任务为止。系统也会根据学生计算的正确性、实验任务的完成程度以及尝试的次数等进行评分。在这个模块的学习中，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。下面举例进行说明。

### 1 正常开车

#### 1.1 开车前准备

装置的开工状态为换热器处于常温常压下，各可调阀处于手动关闭状态，各手操阀处于关闭状态，可以直接进冷物流（换热器要先进冷物流，后进热物流）。

#### 1.2 启动冷物流进料泵

打开换热器壳程排气阀 V01E101。打开泵 P101A/B 前阀 V01P101A/B，按下启动按钮，再打开泵 P101A/B 的后阀 V02P101A/B，当进料压力指示表 PI101 指示达到 0.8MPa 时，进行下一步操作。

#### 1.3 冷物流进料

打开 FV101 的前后阀 FV101I、FV101O，开冷物料进料阀 V07E101，手动逐渐开大调节阀 FV101。观察换热器壳程排气阀 V01E101 的出口，当有液体溢出时（V01E101 旁边标志变绿），标志着壳程已无不凝性气体，关闭换热器壳程排气阀 V01E101，此时壳程排气完毕。打开冷物流出口阀 V02E101，手动调节 FV101，使冷物流进料控制 FIC101 指示达到 19200kg/h，且较稳定时，FIC101 投自动，设定值为 19200kg/h。

#### 1.4 启动热物流入口泵

打开管程排气阀 V03E101。开泵 P102A/B 前阀 V01P102A/B，启动泵 P102A/B，再开泵 P102A/B 后阀 V02P102A/B，使热物流进料压力表 PI102 指示达 0.9MPa。

#### 1.5 热物流进料

打开 TV102A 的前后阀 TV102AI、TV102AO 和 TV102B 的前后阀 TV102BI、TV102BO。给换热器 E101 管程注液，观察换热器 E101 管程排气阀 V03E101 的出口，当有液体溢出时（V03E101 旁边标志变绿），标志着管程已无不凝性气体，此时关管程排气阀 V03E101，换热器 E101 管程排气完毕。打开 E101 热物流出

口阀 V04E101, 手动调节管程温度控制器 TIC102, 使出口温度稳定在 $177\pm 2^{\circ}\text{C}$ , TIC102 投自动, 设定在 $177^{\circ}\text{C}$ 。

## 2 正常运行

### 2.1 正常工况操作参数

- 1) 冷物流流量为  $19200\text{kg/h}$ , 出口温度为 $142^{\circ}\text{C}$ 。
- 2) 热物流流量为  $10000\text{kg/h}$ , 出口温度为 $177^{\circ}\text{C}$ 。

### 2.2 备用泵的切换

- 1) P101A 与 P101B 之间可任意切换。
- 2) P102A 与 P102B 之间可任意切换。

## 3 正常停车

### 3.1 停热物流进料泵

- 1) 关闭泵 P102A 的后阀 V02P102A。
- 2) 停泵 P102A。
- 3) 当 PII02 指示小于  $0.1\text{MPa}$  时, 关闭泵 P102A 前阀 V01P102A。

### 3.2 停热物流进料

- 1) 将温度控制表 TIC102 改投手动, 并关闭 TIC102。
- 2) 关闭 TV102A 的前、后阀 TV102AI、TV102AO。
- 3) 关闭 TV102B 的前、后阀 TV102BI、TV102BO。
- 4) 关闭换热器 E101 热物流出口阀 V04E101。

### 3.3 停冷物流进料泵

- 1) 关闭泵 P101A 后阀 V02P101A。
- 2) 停泵 P101A。
- 3) 待 PII01 指示小于  $0.1\text{MPa}$  时, 关闭泵 P101A 前阀 V01P101A。

### 3.4 停冷物流进料

1) 将流量控制表 FIC101 改投手动, 关闭 FV101 的前、后阀 FV101I、FV101O, 关闭控制表 FIC101。

- 2) 关闭换热器 E101 冷物流出口阀 V02E101。

### 3.5 E101 管程、壳程泄液

1) 打开换热器 E101 管程泄液阀 V05E101 和排气阀 V03E101, 观察管程泄液阀 V05E101 的出口, 当不再有液体排出(管程泄液指示变红)时, 关闭阀 V05E101。

2) 打开换热器 E101 壳程泄液阀 V06E101 和排气阀 V01E101, 观察壳程泄液阀 V06E101 的出口, 当不再有液体排出(壳程泄液指示变红)时, 关闭阀 V06E101、V07E101。

## 4 事故处理

### 4.1 FV101 阀卡

事故现象: FIC101 流量减小, 冷物流出口压力升高, 冷物流出口温度升高。

事故处理方法:

- 1) 事故发生后, 打开 FV101 旁路阀 FV101B;
- 2) 根据现场仪表 FI103 读数调节旁路阀 FV101B 的开度, 使 FI103 显示值稳定在  $19200\text{kg/h}$  左右;
- 3) 将流量控制表 FIC101 改投手动, 并关闭 FIC101, 使 OP=0%;
- 4) 关闭 FV101 的前后阀 FV101I、FV101O。

### 4.2 P101A 泵坏

事故现象：P101A 出口压力急剧下降，FIC101 流量减小，冷物流出口温度升高。

事故处理方法：

1) 打开备用泵 B 泵前阀 V01P101B，按下启动按钮，打开后阀 V02P101B(注意顺序)；

2) 关闭泵 P101A 前后阀 V01P101A、V02P101A。

#### 4.3 P102A 泵坏

事故现象：泵 P102A 出口压力急剧下降，冷物流出口温度下降。

事故处理方法：

1) 打开备用泵 B 泵前阀 V01P102B，按下启动按钮，打开后阀 V02P102B(注意顺序)；

2) 关闭泵 P102A 前后阀 V01P102A、V02P102A。

#### 4.4 TV102A 阀卡

事故现象：

1) (因为主线被降温的物流流量减少) 热物流主副线混合温度升高，冷物流出口温度降低；

2) 控制阀 TV102A 开度大于正常开度(50%)，热物流主线流量 FI101、FI104 却低于正常值。

事故处理方法：

1) 打开 TV102A 的旁路阀 TV102AB；

2) 根据现场仪表 FI104 读数调节旁路阀 TV102AB 开度，使热物流主线流量达到正常值 10000 kg/h；

3) 关闭 TV102A 的前后阀 TV102AI、TV102AO；

4) 将温度控制 TIC102 改投手动；

5) 关闭 TV102B 的前后阀 TV102BI、TV102BO；

6) 根据现场仪表 TI104 读数，调节 TV102B 的旁路阀 TV102BB 开度，将热物流出口温度控制在 177℃ 左右。

#### 4.5 TV102B 阀卡

事故现象：

1) (因为副线热物流流量减少) 热物流主副线混合温度降低，冷物流出口温度降低；

2) 控制阀 TV102B 开度小于正常开度(50%)，热物流副线流量 FI102、FI105 低于正常值。

事故处理方法：

1) 打开 TV102B 的旁路阀 TV102BB；

2) 根据现场仪表 FI105 读数调节旁路阀 TV102BB 开度，使热物流副线流量达到正常值 10000 kg/h；

3) 关闭 TV102B 的前后阀 TV102BI、TV102BO；

4) 关闭 TV102A 的前后阀 TV102AI、TV102AO；

5) 根据现场仪表 TI104 读数，调节 TV102A 的旁路阀 TV102AB 开度，将热物流出口温度控制在 177℃ 左右。

6) 将温度控制 TIC102 改投手动；

#### 4.6 换热器管堵

事故现象：热物流主线流量减小，冷物流出口温度降低，热物流进料泵 P102

出口压力略微升高。

事故处理方法：停车，拆换热器清洗。

#### 4.7 换热器结垢严重

事故现象：热物流出口温度高。

事故处理方法：停车，拆换热器清洗。

### 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：Aspen plus 模拟计算和换热器工艺参数优化的结果；ASPEN Exchanger Design & Rating (EDR)进行换热器结构设计的结果；根据仿真、模拟计算和结构设计的结果用 AutoCAD 绘制的设备装备图。

(3) 其他描述：

在本项目中，不同的虚拟仿真实验模块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；对于模拟计算与调控过程，要求学生针对具体的实验过程进行分析，并得出正确的结论；对于综合设计过程，则需要学生有开放性的思维，根据任务自主选择合适的设备及操作条件来完成设计任务。

### 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，包括对安全、环境等综合能力的考察，主要是根据学生能否及时排除异常情况、操作正确与否等；第二层次，主要考核学生分析和解决工程实际问题的能力，包括对物料衡算和能量衡算的模拟结果、换热器工艺条件的优化、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、是否完成设计任务等进行评分。

### 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。

(2) 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、物理化学、化工原理、化工热力学、分离工程和反应工程的相关知识，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：2017年3月
- (2) 开放时间：24小时开放
- (3) 已服务过的学生人数：150人左右
- (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=tlmdxsmkx>

3-2 网络条件要求

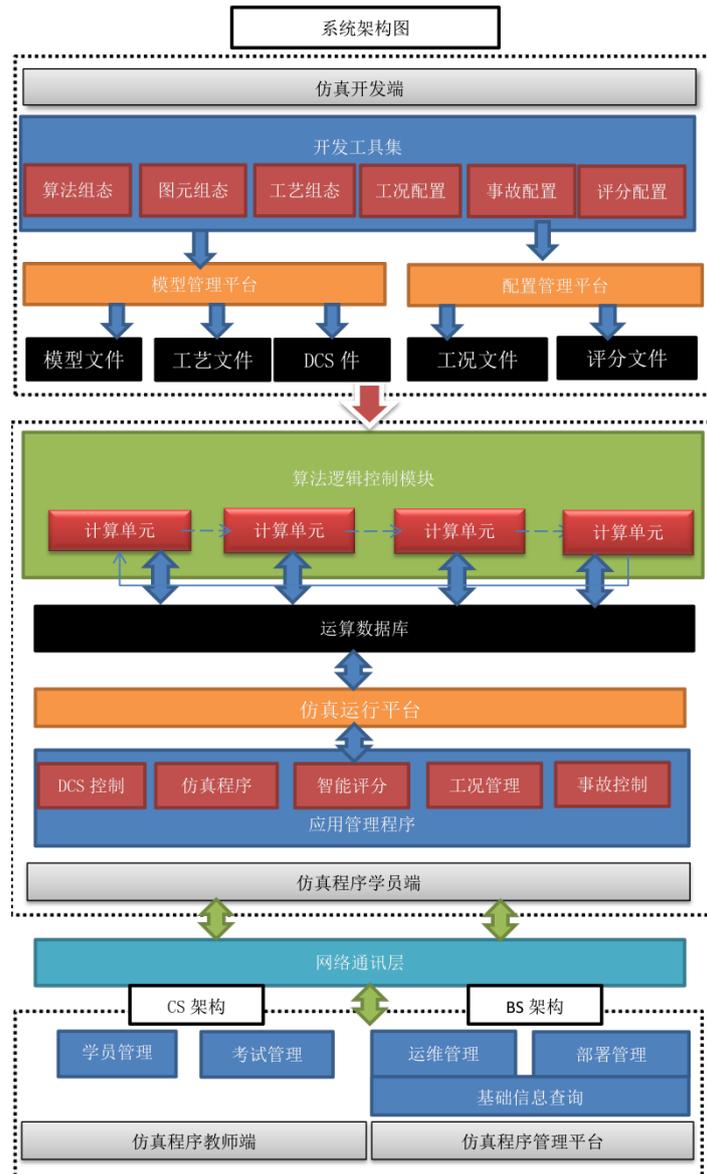
- (1) 说明客户端到服务器的带宽要求（需提供测试带宽服务）  
2Mb/s 以上，系统提供带宽测试服务
- (2) 说明能够提供的并发响应数量（需提供在线排队提示服务）  
1000，系统采用 CS 模式，无需排队，即时启动

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 Windows 7 及其以上版本  
管理平台服务器操作系统采用 Windows Server 2008 及其以上版本
- (2) 其他计算终端操作系统和版本要求  
暂不支持其它操作系统或终端。
- (3) 支持移动端： 是  否



3D 仿真通过对数据库的访问来实现数据的同步、人机交互界面（仿 DCS 系统、3D 虚拟实验室、3D 工厂）操作、智能评分和教师站管理。数据库的数据来源于机理模型的计算。机理模型是根据化工原理、化工热力学等基础理论建立的数学模型。计算精度可以达到动态计算误差 3% 以内。



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）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。
	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>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, Microsoft Project 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 Maya, 3D Max 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>
	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）	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。
管理平台	开发语言（如：JAVA、.Net、PHP 等）	JAVA
	开发工具（如：Eclipse、Visual Studio、NetBeans、百度 VR 课堂 SDK 等）	IntelliJ IDEA
	采用的数据库（如：HBASE、Mysql、SQL Server、Oracle 等）	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以学生的发展和需求为中心，以调动学生学习积极性和主动性为抓手，以提高学生实践创新精神和能力为目的，以兼具基础性和综合性的化工传热单元操作为主线，以化工原理实验中的传热实验为蓝本，将化工“三传”的知识进行了有机结合。

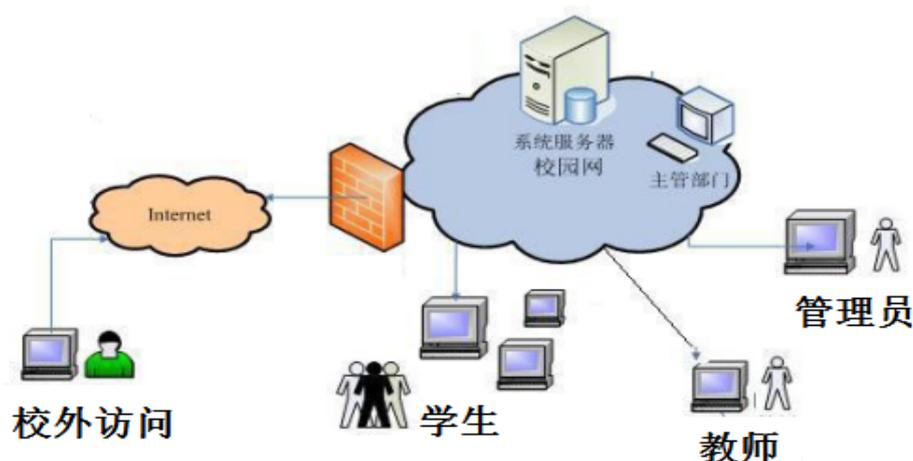
注重顶层设计，基于学院新型化工实验目标分类体系研究，打破以二级学科设置实验课程的传统体系，构建基于化学工程与技术一级学科的实验教学体系，

着力打造“单元操作、化工专业实验和化工工业化生产”3大虚拟仿真实验模块，改变传统以“知识结构”设置项目的原则，课程模块以“方法与技术”设置实验项目，形成以“基础—专业—工业化”为主线、以“方法”为中心的化工实验教学体系，达成实验教学“目标—过程—评价”的一致性，使学生全面、系统地掌握化学工程与技术一级学科所涵盖的实践技能和学科方法，让学生架构起完整的、系统的学科知识结构和实践技能体系。

## (2) 教学方法：

### 1) 递进式、综合性的教学内容体系

教学内容采用了从简单到复杂，从认知到体验，从仿真操作到工程拓展再到综合设计，从单一设备到综合流程的递进式安排。可满足不同层次、不同类型的人才培养需求。



### 2) 以虚补实、线上线下开放式课堂，革新教学方法。

示范性虚拟仿真实验室开放运行，提供包含操作训练、综合提高和创新设计虚拟仿真实验项目。坚持“能实不虚”的原则，从化工传热单元操作的实际出发，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。在教学中，采用线上线下相结合的方式，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) 开放共享、安全可靠的管理运行机制

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。根据最新科研成果、信息技术发展、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分层技术，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) 定期考核，提升示范平台创新能力

制定完整的虚拟仿真教学实验平台的教学管理体系文件，与相关课程老师一起优化使用计划，协同老师、学生实现示范平台的高效化运行。鼓励学生使用该虚拟实验平台，每年定期举办虚拟仿真操作比赛，激发学生利用化工专业知识进行创新性设计。

#### (3) 评价体系：

设置互动、考试与数据统计模块；学生可以通过 PC 端查看学习记录、成绩统计和其他个人资料；教师可以通过 PC 端进行管理考试系统进行自动组卷，能够实现分模块分类组卷，并且可以添加主观题，也可以查看主观题学生提交的答案；在线生成实验报告，具有反馈机制，有利于了解不足，进行二次学习，健全成绩考核和评价指标。

#### (4) 传统教学的延伸与拓展：

化工传统实践教学环节有生产实习和认识实习，经过两个环节培训，学生可以达到认识设备，了解工厂布局的教学效果，但是动手操作和异常紧急情况处理尚有很大不足，虚拟仿真恰好可以模拟真实的工厂和实际的操作，满足教学的需求。采用虚实结合的教学模式，以虚促实，促进信息技术与实践教学的深度融合；完善了实践教学体系；提高了教师队伍的信息化能力。

#### (5) 团队教师指导学生获奖情况

本项目具有敬业专业的教学团队，教师带队获奖情况：2013 年获得全国大学节能减排大赛全国三等奖 1 项；2012 年，2013 年，2014 年，2015 年，2016 年，2017 年和 2018 年分别获得全国化工设计大赛全国二等奖各 1 项；2013 年，2014 年，2017 年和 2018 年分别获得全国化工设计大赛西北赛区二等奖各 1 项；2017 年和 2018 年全国化工实验大赛西北赛区一等奖各 1 项和二等奖 1 项；2015 年第五届“挑战杯”新疆建设兵团大学生课外学术科技作品竞赛一等奖 1 项；2017 年团中央和人民网举办的大中专学生三下乡实践“千校千项”成果筛选活动中获得“最具影响好项目”。

## 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:

### (1) 持续建设与更新:

本实验教学项目已纳入学科专业课程体系,具备相应的评价体系和激励机制。计划5年内在虚拟现实(VR)+网页3D平台的基础上进一步丰富实验内容,开发适合当今发展趋势的涉及化学化工安全方面的教学内容,多维度呈现学习和训练内容,调动学生视觉、听觉、动觉等多感官参与,使学生安全知识不断晋级,为将来更好的在化工企业就业打基础。

(2) 面向高校的教学推广应用计划:2018.10-2023.10 免费开放并提供教学服务不少于50%。

(3) 面向社会的推广与持续服务计划:2018.10-2023.10 免费开放并提供教学服务不少于50%。

具体计划如下:

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。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,发挥塔里木大学化工学科在化工高等教学的示范引领作用。

## 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