

案例 1 多校协作、共建共享、合作提升、多方受益的虚拟仿真实验课程建设与应用

1 虚拟仿真共享实验课程基本概况

化学工业在各国的国民经济中均占有重要地位,为了培养和提高化工类专业学生的工程实践能力和创新精神,需要强化化工类专业学生的实践教学环节,但由于化工相关过程往往具有高温、高压、易燃易爆和有毒等特点,严重制约了化工类相关学生的实践环节教学。

随着“新工科”建设的深入推进,对化工人才的培养要求也更加明晰,其中具有较强的实践能力和创新精神成为培养新时代化工专业人才的目标之一。而原有的化工实践教学体系中,由于设备老旧、流程单一、从安全角度出发也无法开展有毒、有害、易燃易爆等相关项目实验,且随着化工设备造价不断提升,很多高校的化工实践教学也受到了经费支持不足的问题。以上问题在化工类高等教育人才培养工作中日益凸显。为此,需要针对不同高校的不同人才培养目标,建设更有针对性的实验教学项目和教学内容,以适应化学工业对高素质人才培养的要求。

针对上述问题,共同体各成员意识到虚拟仿真实验教学项目对于本学科实践教学的巨大推动作用,纷纷开展了虚拟仿真实验课程的建设,将实践教学环节有机延展至互联网和计算机领域,通过单元操作基本原理、基础操作、拓展实验和综合设计等由浅入深的体验与实践,以达到有效拓展实践教学深度、广度,巩固学生知识基础和提高学生

实践能力和创新精神的目的；各成员还依托国家虚拟仿真实验教学课程共享平台，对建立的虚拟仿真教学体系实现集中优势开发，合作共享开放，开展学分互认和跨校应用，根据共同体项目的建设目标，形成了从化工基础实验-专业核心实验-专业特色实验-行业虚拟仿真工厂的化工虚拟仿真实验教学体系，多校-多地区校共建共享、校企良性互动的实践教学应用运行机制。

天津大学以化工过程中的多个单元操作为主线，以 Unity3d 作为 3D 引擎，采用 C#语言并通过 Visual Studio 工具进行程序开发，综合 SVN，Microsoft Project、AdobeFlash、Maya，3D Max 等技术和工具进行项目管理和建模，面向国内外多所院校的化工类专业学生和社会人士，开发和建设了《精馏综合拓展 3D 虚拟仿真实验》、《吸收单元操作综合 3D 仿真实验》等 8 个化工基础虚拟仿真实验。在国家虚拟仿真实验教学课程共享平台上，以精馏虚仿实验为主体的天津大学化工单元操作虚仿实验的访问量一直名列前茅，总访问量达到了 19 万余次，总实验次数达到了 12 万人次，取得了良好的应用和示范效果。

辽宁石油化工大学为了再现真实工厂的工作环境和 workflows，以三维虚拟仿真技术为核心，结合多媒体技术、图形图像学以及化工专业理论知识，开发了《加氢裂化虚拟仿真实验》和《烷基苯磺酸 3D 虚拟仿真实验》等 20 余个虚仿教学项目。其中面向化学工程与工艺专业四年级学生和石油石化行业新入职员工的《加氢裂化虚拟仿真实验》和《延迟焦化虚拟仿真实验》已经在国家虚拟仿真实验教学项目

共享平台上线应用，不仅应用于共同体和其他高校的教学工作，还面向石化企业开放培训，共计 2 万余人次使用，得到了良好的共享效果。

贵州大学对无机化工专业中的磷、煤化工的相关教学内容为主线，以 Unity3d 作为 3D 引擎，采用 C#语言并通过 Visual Studio 工具进行程序开发，研发了《磷酸铵盐干粉灭火剂的制备及性能测试虚拟仿真实验项目》、《煤制甲醇工艺虚拟仿真实验项目》等具有无机化工专业特色的虚拟仿真实验并用于教学中。其中《磷酸铵盐干粉灭火剂的制备及性能测试虚拟仿真实验项目》已于 2021 年被推荐申报第二批国家级一流本科课程，并申报了 2022 年贵州省普通本科高校“金课”，上线国家虚拟仿真实验教学课程共享平台后实现了其教学资源的共享。

依托学校的特色优势学科和实际工程案例，天津科技大学在 20 多门课程中开展了虚拟仿真实验教学，其中针对氰化物等高危极端环境下不适宜开展实验室的真实实验操作的实际问题，面向盐化工等化工专业学生开发的《含氰废水高级氧化处理虚拟仿真实验》上线国家虚拟仿真实验教学项目共享平台后，为天津科技大学和共同体的学生提供了广泛的教学服务，使用次数达上千次。

为了服务化工专业的高层次实验教学和与科研的深度融合，中北京大学围绕近年来兴起的超重力过程强化技术，联合企业开发了《超重力旋转填料床硫化氢气体深度净化虚拟仿真实验》用于共同体和山西区域多所高校的化工类专业大三大四本科生的实验教学，并对一些企业的技术人员提供了培训服务。

2. 虚拟仿真共享实验的内容和主线

结合“新工科”的指导要求，实验课程围绕开放共享的原则和针对不同类型、不同化工专业方向学生的精准施教为主线，共同体各成员单位充分依托自身的特点和优势，根据学生的需求与知识结构，建设了不同层次、不同类别的虚拟仿真共享实验体系，如图 1 所示。其中天津大学形成了化工专业基础实验和专业核心实验的虚拟仿真实验教学和服务，辽宁石油化工大学、贵州大学、天津科技大学和中北大学为专业特色实验及虚拟仿真工厂虚拟仿真实验教学提供了虚拟仿真实验教学和服务。

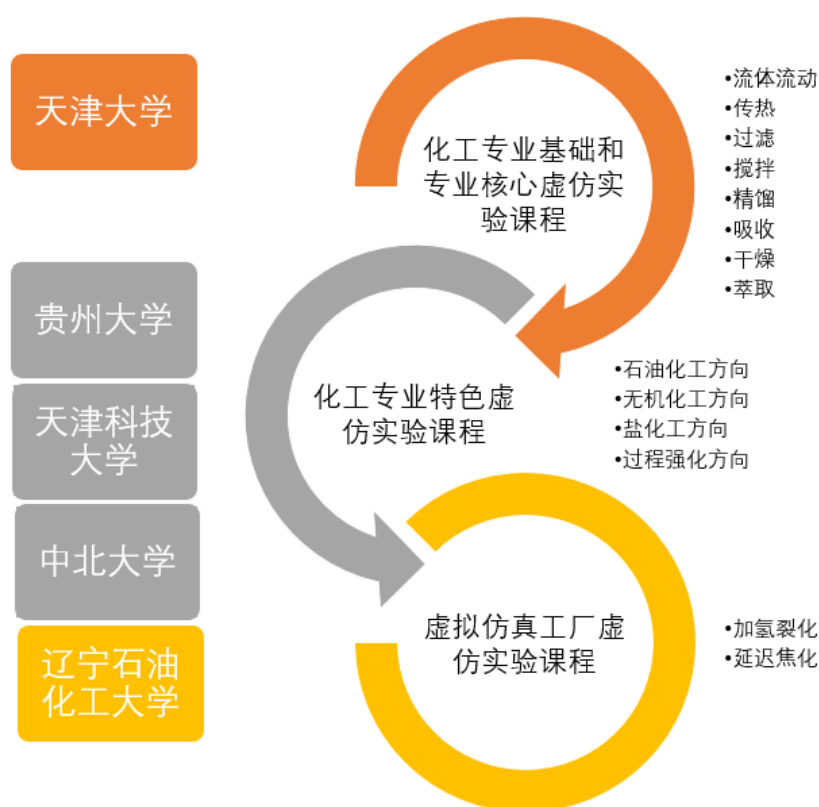


图 1 虚拟仿真共享实验体系

2.1 化工专业基础实验和专业核心实验的虚拟仿真实验课程-化工单元操作虚拟仿真实验

化工专业基础实验和专业核心实验的虚拟仿真实验由天津大学建设和开发，涉及化工过程中主要的单元操作虚拟仿真实验。化工单元操作实验是化工类各专业的必修实践性教学课程，是化学工程与工艺学科的重要组成部分。提供教学服务的单元操作虚拟仿真实验包括流体流动综合实验、传热实验、过滤实验、搅拌实验、精馏实验、吸收实验和萃取实验等，如图 2 所示。



图 2 不同单元操作虚拟仿真实验

在每个实验中，都包含当前实验的知识点和仿真实验操作两个内容（以精馏实验为例，图 3）。在“知识点”中，学生可通过自学，完成对当前实验的主要原理（图 4）、流程（图 5）、设备及过程特点等（图 6）知识点进行自主学习。在“进入系统”后，根据学生的

需求与知识结构，虚拟仿真实验分为不同的难度水平（图 7），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 实验主界面



图 4 实验目的和实验原理

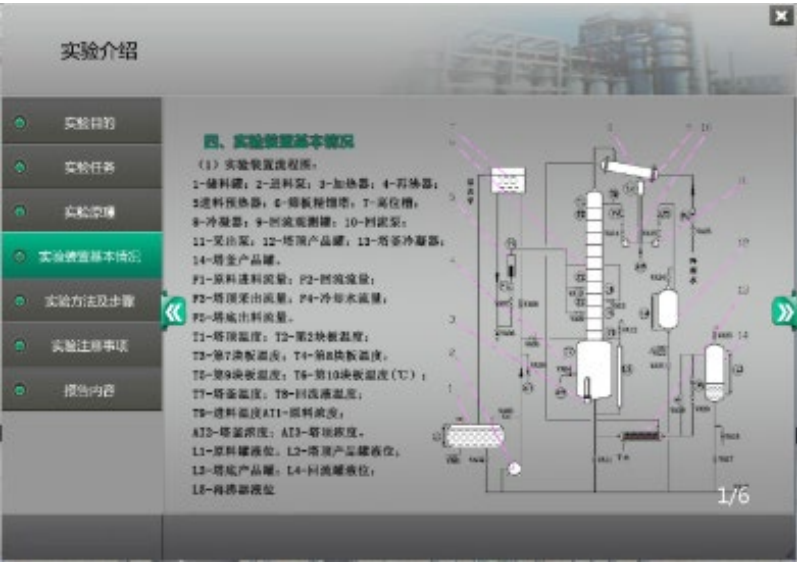


图 5 实验流程图

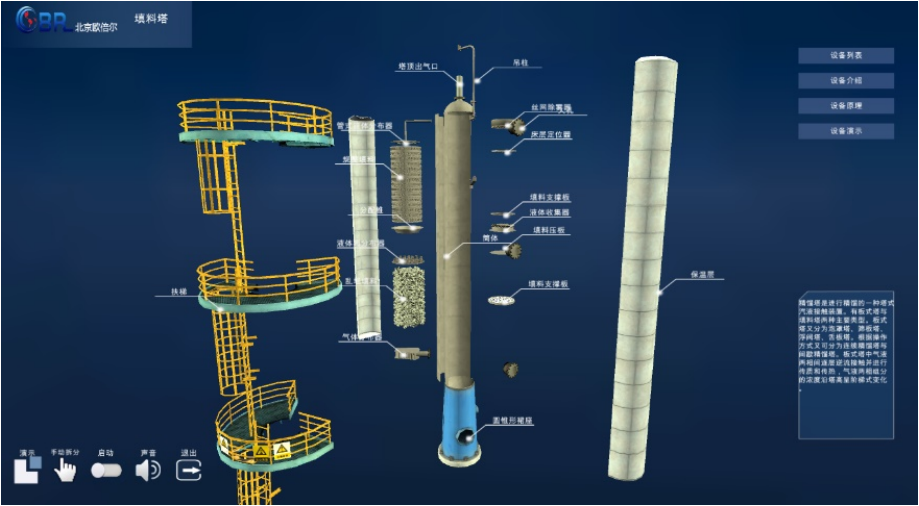


图 6 填料精馏塔内部结构介绍



图 7 不同难度、层次的虚拟仿真实验教学内容

本虚拟仿真实验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 8-图 10），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 8 各模块学习人数统计



图 9 单个实验模块学习情况统计



图 10 单个学生学习情况统计

2.2 化工专业特色虚拟仿真实验课程

2.2.1 面向无机化工方向的“磷酸铵盐干粉灭火剂的制备及性能测试虚拟仿真实验”课程

磷酸铵盐干粉灭火剂具有灭火迅速、适用范围广、不损害环境等优良特性，是当前使用最为广泛的灭火剂之一。由于磷酸铵盐干粉灭火剂制备及性能测试具有高危性、高成本、高消耗及不可逆性等特点，导致出现学生难以实操和教学效果差等问题。

贵州大学开发的“磷酸铵盐干粉灭火剂的制备及性能测试虚拟仿真实验”课程包括磷酸一铵的合成、磷酸铵盐灭火剂材料的制备及干粉灭火剂性能测试，包含化工合成设备单元操作、材料制备配方设计及性能检测系统模拟实验，能够训练并提升无机化工方向的学生的化工单元操作和材料性能测试表征的知识和能力，具有学科交叉性、系统完整性及一定的先进性。

仿真实验教学过程如图 11 所示，主要分为实验背景及简介、实验操作及分析、实验报告及讨论三个阶段，涉及理论基础学习、角色定位、学生实践、教师反馈、报告撰写、实验考核等实验场景和模块，综合采用观察法、归纳法、类比法、控制变量法、科学推理法等实验方法，使学生全面掌握磷酸铵盐灭火剂从原料到产品再到性能测试的整个实验过程。同时，在实验教学过程中以学生为中心，以学习成果为导向，发挥虚拟仿真技术的优势，采用了“情景浸入式”、“虚实结合式教学”和“线上线下混合式教学”的实验教学方法，充分调动学生的积极性和主动性，培养学生的动手实践能力和创新能力。

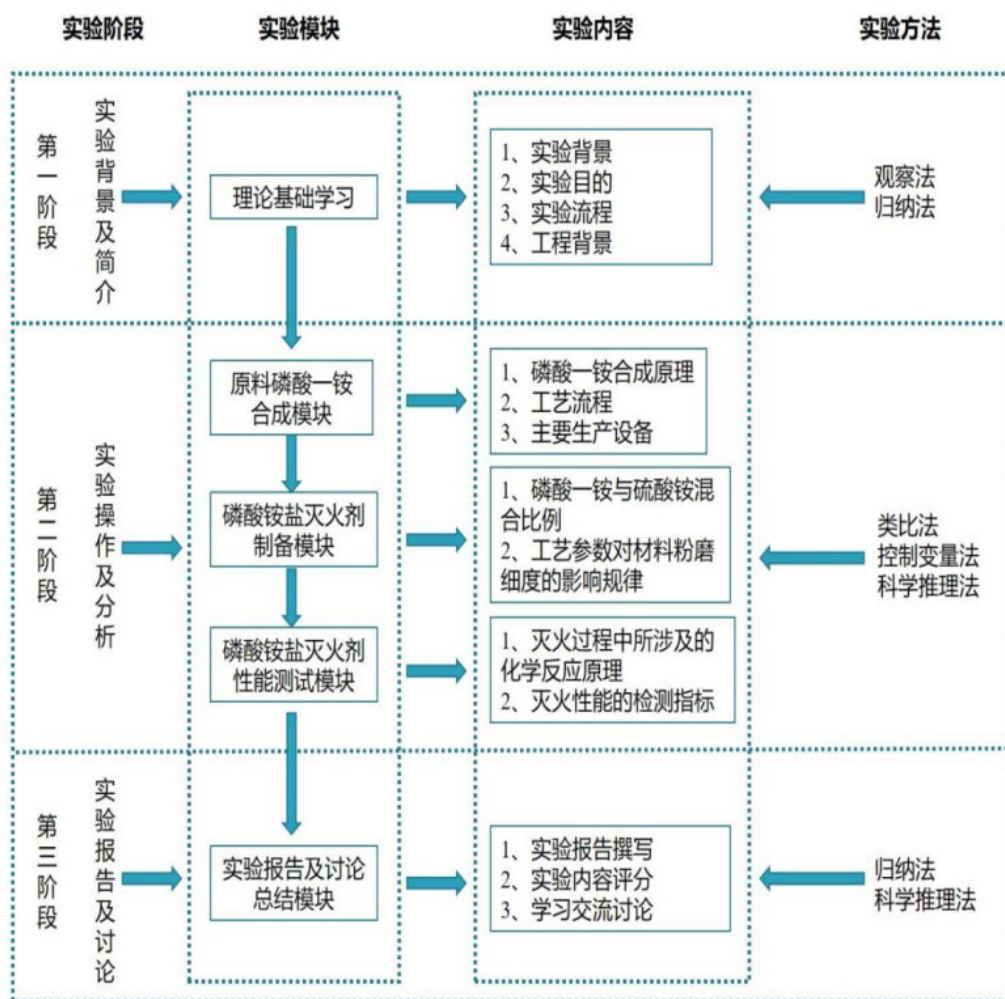


图 11 实验教学过程设计示意图

“情景浸入式”教学：学生在开展虚拟仿真实验时，以虚拟实验人员角色，进入虚拟实验平台，身临其境，从了解生产工艺和认识实验装置开始，到完成磷酸一铵制备、制备磷酸铵盐干粉灭火剂，并进行干粉灭火器性能测试等一系列操作，从简单到复杂，从生产到检测，全身心体验磷酸铵盐干粉材料工艺的各环节。

虚实结合式教学：实验项目涉及中和反应釜的加料、升温、反应、冷却清洗等过程，具有生产工艺耗时长、安全性要求高、操作精细度高等特点，因此我们教学过程中让学生利用虚拟仿真软件操作，用少量学时了解和掌握该生产工艺原理、装置操作方法等。同时，利用磷

酸一铵合成半实物仿真实习实训装置,用水和原料在低温低压下进行安全的实体实验,进行虚实结合式教学,方便学生更直观了解反应釜的结构和工作原理,锻炼学生动手能力。

线上线下混合式教学:充分利用网络平台的优势,开展线上虚拟仿真实验教学,学生可在国家虚拟仿真实验教学课程共享平台完成相关实验项目(图 12),教师也可在网络平台上与学生充分交流、讨论,方便学生自主学习。同时,在线下实验教学中,将线上学生反馈的部分问题可在现场直观解答。线上线下混合式教学能发挥虚拟实验和实体实验各自的优势,有利于将“虚实结合”落到实处。

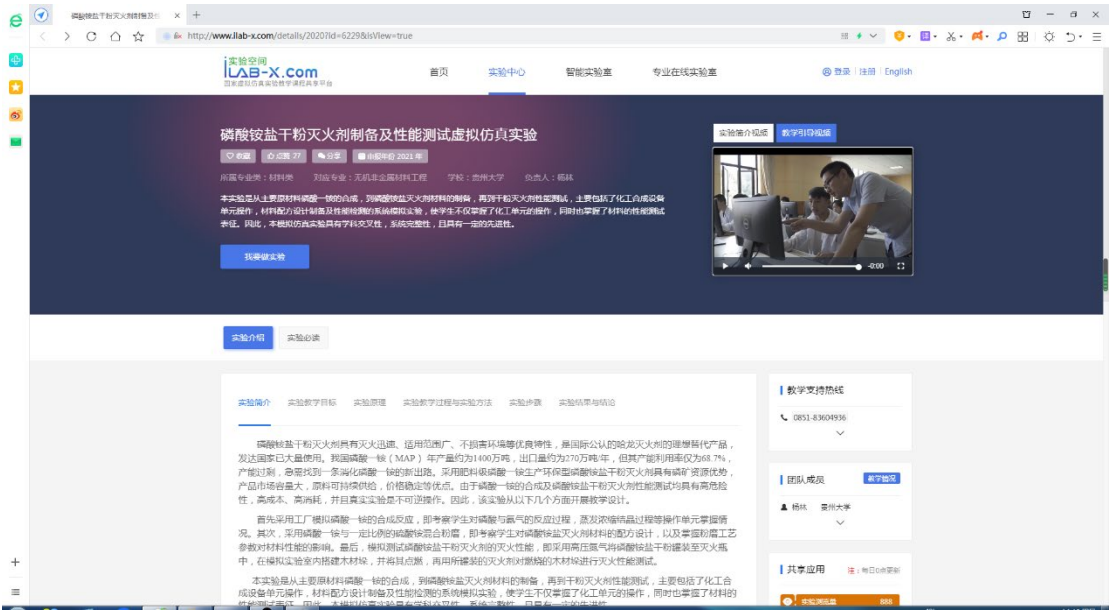


图 12 国家虚拟仿真实验教学课程共享平台登录界面

2.2.2 面向盐化工方向的“含氰废水高级氧化处理虚拟仿真实验”课程

针对氰化物等高危极端环境下不适宜开展实验室的真实实验操作的实际问题,结合天津港 8·12 危险化学品仓库爆炸事故现场应急处置的实际案例,天津科技大学开发了含氰废水高级氧化虚拟仿真实

验，如图 13 所示。虚仿实验还原了现场的处理工艺和过程，给包括盐化工方向的若干化工类专业学生提供了爆炸现场安全操作知识，应急处置的方法和设备（如图 14 所示），含氰废水高级氧化处理工艺、化工产品特性及安全存放知识等实践教学。实验课程内容涉及到流体流动与输送设备结构实验，污水处理中的高级氧化处理工艺、化工产品的相关性质及安全使用知识、消防应急知识、应急环境事故的处理处置技术及装备等。



图 13 国家虚拟仿真实验教学课程共享平台实验界面



图 14 虚仿实验中的应急处置实验教学

2.2.3 面向化工过程强化方向的“超重力旋转填料床硫化氢气体深度净化虚拟仿真实验”课程

超重力技术作为近年来兴起的一种过程强化技术,已广泛应用于吸收、精馏、萃取、反应等多个化工单元操作中,节能减排效果显著。通过深入企业进行现场调研,中北大学涉及开发了超重力旋转填料床硫化氢气体深度净化作为虚拟仿真实验。该实验课程涵盖了化工原理、物理化学、化学反应工程、化工机械等多门课程实践的要求,通过本实验的学习,可强化学生对化工过程强化基本知识的掌握,了解国内外化工最新前沿进展及设备结构与气体净化效果之间的构效关系,掌握超重力设备的结构设计和操作方法。该实验面向化工专业类大四学生开展。

实验包括

1. 超重力旋转填料床的基本结构及过程强化原理教学

超重力是指比地球重力加速度大得多的环境下,物质所受的力。利用超重力原理而创制的应用技术称为超重力技术。旋转填料床是一种典型的超重力设备,其内部超重力环境是借助旋转填料床旋转来实现的,其中转子是旋转体,填料被装填在转子内,在动力驱动下转子及填料一起做圆周运动,液体通过高速旋转的填料,在超重力作用下形成了具有极大比表面积的微纳尺度的液滴、液丝和液雾,气体与液体之间的相界面积和界面更新速度显著增大,可大幅提高相间的传递速率,从而可实现化工装置的小型化,降低过程的能耗。

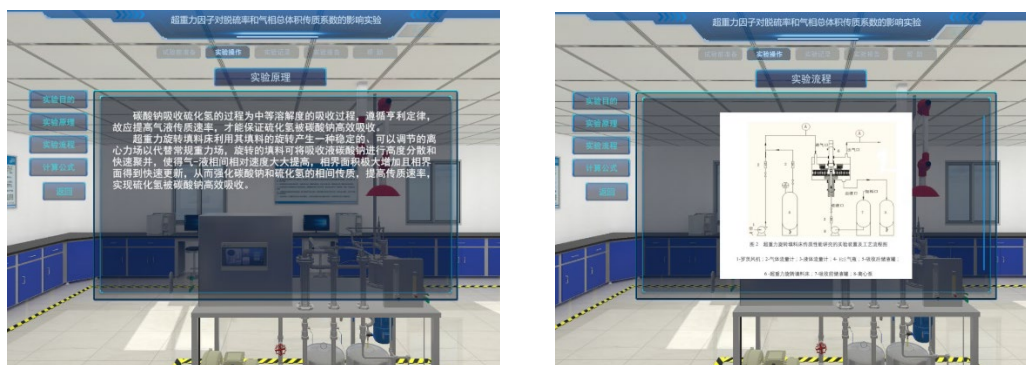


图 15 实验目的、原理、流程及相关计算公式

2. 超重力旋转填料床中填料结构对设备压降和传质特性的影响教学

旋转填料床气体压降、气液相界面积和体积传质系数均与填料的类型、尺寸、孔隙率等相关，通过对虚拟旋转填料床中填料结构和尺寸的更改，使学生更加直观地了解填料对设备性能的影响。同时，通过对填料的装卸过程还可以加深学生对设备结构的了解。

3. 超重力旋转填料床硫化氢气体深度净化的影响因素虚仿实验教学

硫化氢气体的吸收是一个化学吸收过程，其效率不仅与设备结构有关，还与气体流量、吸收液流量、气体中硫化氢浓度、填料转速等操作因素相关，各个因素相互影响，需通过虚拟仿真实验考察其对最终吸收效率的影响（如图 16 所示），并通过响应面法分析各个因素之间的相互作用关系，找出其中的关键因素。

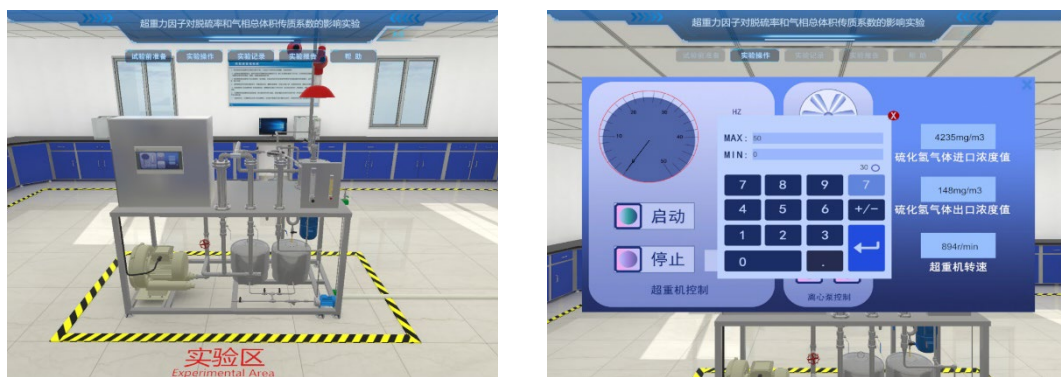


图 16 虚仿实验的实验操作界面

2.3 虚拟仿真工厂的化工虚拟仿真实验课程-加氢裂化虚拟仿真实验

加氢裂化是我国原油主要的炼化加工方式，是石油化工行业重要的组成分布。辽宁石油化工大学通过建设加氢裂化虚拟仿真实验将**真实工厂在计算机中再现**，展现了真实工厂的工作环境和工作流程。从而有效解决了化学工程与工艺专业学生和石油石化行业新入职员工只能学习书本的固化内容，很难下厂实践掌握加氢裂化生产流程等问题。它不仅可以提高学员学习的兴趣，更好地掌握教学内容，又可以弥补传统实验教学上的不足，提升化工实践教学水平。

虚拟仿真实验按照真实工厂设备完成了仿真建模，设置了工厂装置的冷态开车、正常运行、正常停车、紧急停车、反应进料泵着火及反应器床层飞温等安全事故处理功能状态。真实模拟工厂中内操作员（DCS 作员）与外操作员（装置现场作员）协作，内操作员完成电动阀门操作，外操作员按照内操作员指令完成手动阀门操作，满足学员对工艺流程、仪表控制、阀门和泵等组件的定向组合及空间布局形成直观的认识，展现了真实工厂的工作环境和工作流程。



图 17 加氢裂化虚拟仿真实验项目

加氢裂化虚拟仿真实验课程基于“以学生为中心”的核心理念，实现了以下三个教学目的：1、掌握厂区布置、设备结构、反应原理及控制方法及相关因素对加氢裂化过程和产品质量的影响的。2、能够熟练操作虚拟仿真软件，运用所学的原理知识，确定相关工艺参数及最佳的工艺路线；内外操协同锻炼，培养工程素养。3、熟练掌握各种条件对产品质量的影响因素，培养学生自主学习能力及工程实践能力。

加氢裂化虚拟仿真实验课程基于“线上预习——虚拟仿真——实物仿真——现场实习”四位一体的实践教学模式，开展教学实施：首先导入工程实践案例，用问题引出教学内容；线上引导学生充分利用网络资源，理解工艺参数和主要设备的选型依据，当产品不达标时如何调整相应的工艺参数以及调整依据、突发事故应急处理等；其次，开设了虚拟仿真实验，让学生在实习实训前通过仿真模拟，详细了解关键的工艺流程及安全事故应急处理，培养学生的自主学习能力；然后，学生 4 人一组，自由组队，团队合作针对主要的工艺流程进行实

操探究。通过互动式、研讨式的学习模式，带着问题进行实物仿真、现场实训，这样更有主动性和针对性；在实习环节结束后，线下设置了学生互相提问和解答环节，以增加实习过程的互动性和趣味性，引导学生从被动接受转变为主动获取知识，充分体现学生的主体地位，通过“翻转课堂”方式，案例讨论应用所学知识解决工程问题，实现学以致用；通过学科前沿和专业扩展培养学生的大工匠精神，树立国家认同感、社会责任感。

3. 虚拟仿真共享实验的考核方法

共同体各成员单位在合作共享开放的基础上，通过对本校学生实验项目的需求，从中甄选出适合本校学生学习，与本校课程体系对应的虚拟仿真实验教学内容，借助国家虚拟仿真实验教学课程共享平台和各校的实验教学平台，开放跨校教学服务，分享教学成果，积极将各单位的虚拟仿真教学课程融入本校学生的实验教学中，为学生获得优质教学资源提供极大便利。

各参与单位通过“互联网+教育”的模式，在线布置作业，通过线上指导-线上操作-线上考核的方式对参加本单位虚仿实验课程的学生和社会人员进行教学考核，在充分调研和考察的基础上，建立合理的实验成绩互认体系和学分转换机制。

对于化工单元操作虚拟仿真实验课程，评分考核包含实验操作评分和报告评分两部分。其中操作评分当学生完成实验后由系统自动给出评分；学生完成实验后，系统自动生成空白的实验报告，学生在其中补充和填写相关内容，完成实验报告，指导教师根据实验报告的情

况给出学生报告分。实验报告要求原始数据完整、计算正确、手绘的图表规范、条理清楚、结果正确、有分析讨论，符合要求的工程实验报告规范。

对于化工专业特色虚拟仿真实验课程和虚拟仿真工厂的化工虚拟仿真实验课程，共同体各成员单位根据各自虚拟仿真实验的特点，形成探究式学习、过程性评价和终结性考核相结合的考核评价体系包括：(1)预习成绩，学习实验原理基本知识后会有测试题目，根据学生答题情况获得相应分数；(2)操作成绩，虚拟仿真平台软件会对学生的操作痕迹进行形成性评价，获得操作分数；(3)报告成绩，结合学生实验报告的完成情况，给出报告成绩。

4 虚拟仿真共享实验建设过程的组织方式

虚拟仿真共享实验由天津大学牵头，由辽宁石油化工大学、贵州大学、天津科技大学和中北大学等 5 所高校联合开发和建设。共同体各单位对虚拟仿真实验提供内容建设和教学服务；北京欧倍尔软件技术有限公司、北京东方仿真软件技术有限公司提供技术支持；中国石化大连石油化工研究院、中国石油抚顺石化公司、秦皇岛博赫科技发展有限公司等单位也参与了一些虚拟仿真实验教学资源 and 平台建设的工作。

在具体分工方面，天津大学除对共享实验项目进行总协调外，还负责开展化工专业基础实验和专业核心实验的虚拟仿真内容建设与开发；辽宁石油化工大学负责开展面向石油化工方向的专业特色虚拟仿真实验课程的建设与开发，以及虚拟仿真工厂的化工虚拟仿真实验

课程的建设与开发；贵州大学负责开展面向无机化工方向的专业特色虚拟仿真实验课程的建设与开发；天津科技大学负责开展面向盐化工方向的专业特色虚拟仿真实验课程的建设与开发；中北大学负责开展面向化工过程强化方向的专业特色虚拟仿真实验课程的建设与开发。

在工作中，各校建立了定期交流机制和项目建设流程计划，由学校发起建设计划，交专家组审核评估后再按照专家组意见建议开展项目建设与应用，从校内到跨校，从基础实验到专业实验，再到实习实训和虚拟工厂等实践教学内容都进行了规划建设和应用共享。在建设过程中，一方面注意到各单位人才培养目标的异同，建立多层次、多单元的虚拟仿真实验教学内容，再通过教学模式、教学方法等进行有针对性的设计，实现虚拟仿真实验教学项目在更大范围内的教学应用，同时通过应用积累教学反馈，实现项目的持续改善。

通过建设、共享工作机制的建立，也形成了共同体内部教师沟通交流的工作制度，项目成员定期召开工作会议，对教学内容和教学方法等进行充分研讨，实现教师教学能力的不断提升，通过共同体工作，一方面老教师在教学工作中的丰富教学经验可以通过交流传递给青年教师，一方面青年教师在互联网技术方面的优势也可深入应用于教学过程中，实现了教师整体教学能力的有效提升。

5 虚拟仿真共享实验课程的应用

5.1 共同体内共享的教学服务

2016 年 9 月起，共同体内的各个虚拟仿真共享实验已陆续上线

国家虚拟仿真实验教学项目共享平台，通过该平台和各成员自建的虚拟仿真实验教学平台，共同体成员建立了合理的实验成绩互认体系和学分转换机制，累计为共同体内超过 5000 名化工相关专业学生提供了教学服务。相对于传统的实验教学，大多数学生反映信息化的教学模式更有吸引力。学生表示，愿意尝试采用虚拟仿真实验来代替有毒的、危险的、不容易操作的化工真实实验学习，他们觉得这些虚拟实验的动画效果很逼真，安全事故处理、内外操协同操作等模式对于未来走上工作岗位有着不可替代的作用。通过共享的虚拟仿真实验课程也能接触到更多本校没有的学习资源和接收其他高校的名师指导，是很新奇和激动的学习经历。





图 18 共同体校内学生和共同体间学生参加共享虚仿实验截图

5.2 共同体外开放的教学服务

通过开放的国家虚拟仿真实验教学项目共享平台，共同体虚仿共享实验已为来自全国的化学工程与工艺、过程装备与控制、制药工程、环境工程、食品工程、分子科学与工程、应用化学等专业超过 21 万人次的师生提供了教学服务。

精馏综合拓展3D虚拟仿真实验

国家一流课程

覃源信 | 天津大学

所属专业类：化工与制药类 对应专业：化学工程与工艺 课程类型：- 实验类型：综合设计型

所属课程：化工原理实验

该项目是天津大学首推的唯一虚拟仿真实验项目，您在学完课程相关实验时，在线享有首批国家级虚拟仿真实验中心资源和雄厚师资队伍的服务。在3D精馏实验室中，逼真的流体流动现象、生动的设备拆装动画，让您身临其境，零距离接触化学和化工设备；可调节的结构参数、多变的实验体系，让您全面掌握精馏理论、操作和设计。三层七模块的实验内容，总有一款适合您！经194所高校试用体验的《精馏综合拓展3D虚拟仿真实验》，值得您期待！

我要做实验

669 643 分享

321人评价

3.5

去评价 >

共享应用 每日0点更新

浏览量 190742

实验人次 120263

实验人数 6525

实验平均用时 339'

实验完成率 100%

实验通过率 46.6%

优秀 32.61%

达标 13.96%

不达标 53.43%

磷酸铵盐干粉灭火剂制备及性能测试虚拟仿真实验

实验简介视频 | 教学引导视频

杨林 | 贵州大学

所属专业类：材料类 对应专业：无机非金属材料工程 课程类型：专业基础课 实验类型：综合设计型

所属课程：无机非金属材料工程专业综合实验、无机材料物理性能、无机材料科学基础

本实验是从主要原材料磷酸一铵的合成，到磷酸铵盐干粉灭火剂的制备，再到干粉灭火剂性能测试，主要包括了化工合成设备单元操作，材料配方设计制备及性能检测的系统模拟实验，使学生不仅掌握了化工单元的操作，同时也掌握了材料的性能测试表征。因此，本虚拟仿真实验具有学科交叉性，系统完整性，且具有一定的先进性。

我要做实验

28 23 分享

32人评价

4.8

去评价 >

共享应用 每日0点更新

浏览量 1004

实验人次 240

实验人数 69

实验平均用时 38'

实验完成率 100%

实验通过率 63.3%

优秀 50.83%

达标 12.5%

不达标 36.67%

国家虚拟仿真实验教学课程共享平台

首页 实验中心 智能实验室 接口对接 登录/注册

含氟废水高级氧化处理虚拟仿真实验

国家一流课程

杨宗政 | 天津科技大学

所属专业类：安全科学与工程类 对应专业：安全工程 课程类型：专业基础课 实验类型：基础练习型

所属课程：化工环保与安全、化工原理、环境工程原理、水污染控制工程、土壤污染与防治、事故应急救援与处置、应...

含氟废水高级氧化处理虚拟仿真实验项目充分体现虚实结合的原则。含氟废水处理现场具有危险性，组织大量学生进行实地实习是有难度。本实验通过虚拟仿真技术介绍了含氟废水处理工艺的原理及流程，学生可以了解设备的结构、处理原理、正确的操作流程以及出水水质控制技术等相关知识，使课堂里的理论知识与实际现场知识相结合，提高学生分析问题及解决问题的能力。

我要做实验

4 0 分享

32人评价

4.8

去评价 >

共享应用 每日0点更新

浏览量 3092

实验人次 701

实验人数 423

实验平均用时 27'

实验完成率 100%

实验通过率 84.7%

优秀 60.17%

达标 4.56%

不达标 35.26%



图 19 国家虚拟仿真实验教学项目共享平台中虚仿共享实验访问情况

除共同体成员外, 共享实验目前已在太原理工大学、太原工业学院、太原科技大学、齐齐哈尔大学、营口理工学院等院校进行推广,

用于化工类专业大三大四本科生的实验教学。

5.3 共同体与企业的技术培训服务

共同体开发的虚拟仿真共享实验课程除对各高校、大专院所的师生提供教学服务外，也积极和企业进行深度合作，一方面利用了企业的资金优势、实际工程经验和开发实力，一方面也为企业员工提供了培训和职业能力提升的平台最大限度的实现虚拟仿真共享实验教学资源的开放共享和虚拟仿真共享实验教学的可持续发展。

贵州大学开发的“磷酸铵盐干粉灭火剂的制备及性能测试虚拟仿真实验”课程为天福化工企业提供了关于实验室安全、化工安全培训的资源共享；中北大学开发的“超重力旋转填料床硫化氢气体深度净化虚拟仿真实验”课程在首建农业科技集团和长治市霍家工业有限公司进行试用，用于技术人员的培训，取得了良好的效果；辽宁石油化工大学建设的多个虚拟仿真工厂的化工虚拟仿真实验课程已经对中国石油抚顺石化公司、中国石油锦州石化公司、中国石油辽阳石化公司和北方华锦化学工业集团有限公司等 10 余家企业新员工上岗培训服务。

表 1 辽宁石油化工大学虚拟仿真共享实验课程对企业开放共享情况

序号	教学资源名称	共享单位名称	共享方式	参与人数	效果
1	加氢裂化虚拟仿真实验	中国石油抚顺石化公司 中国石油锦州石化公司 中国石油辽阳石化公司	在线使用账户访问	526	良好

序号	教学资源名称	共享单位名称	共享方式	参与人数	效果
2	延迟焦化虚拟仿真实验	中国石油抚顺石化公司 中国石油锦州石化公司 中国石油辽阳石化公司	在线使用账户访问	526	良好
3	催化裂化虚拟仿真实验	中国石油抚顺石化公司 中国石油锦州石化公司 中国石油辽阳石化公司	在线使用账户访问	526	良好
4	壬基酚聚氧乙烯醚 3D 虚拟仿真实验	中国石油抚顺石化公司 北方华锦化学工业集团有限公司	在线使用账户访问	254	良好
5	烷基苯磺酸 3D 虚拟仿真实验	中国石油抚顺石化公司 北方华锦化学工业集团有限公司	在线使用账户访问	254	良好
6	聚乙烯悬浮聚合 3D 虚拟仿真实验	中国石油抚顺石化公司 北方华锦化学工业集团有限公司	在线使用账户访问	188	良好
7	聚氯乙烯合成 3D 虚拟仿真实验	中国石油抚顺石化公司 北方华锦化学工业集团有限公司	在线使用账户访问	188	良好

6. 小结

通过共同体项目的开展，结合各成员高校的优势，开展了多校协作、共建共享、合作提升、多方受益的虚拟仿真实验课程建设与应用。充分发挥了虚拟仿真实验教学的优势，通过成员高校在在虚拟仿真实验建设与应用方面的通力合作，实现了优质教学资源的大范围共享，使不同地区、不同类型、不同层次的学生受益，更大程度上提高了虚

拟仿真实验教学项目的利用率。在工作中还建立了项目成员工作的制度，通过成员间的共同与协作，实现了高质量的项目建设与应用，也实现了项目成员教师的各方面能力提升。