

2018 年度国家虚拟仿真实验教学项目申报表

学校名称	燕山大学
实验教学项目名称	甲醇制氢生产过程装备仿真 设计实验
所属课程名称	仿真实习
所属专业代码	081702
实验教学项目负责人姓名	高发明
实验教学项目负责人电话	138003389012
有效链接网址	www.obrsim.com:88/?id=ysdxhjy hxgc

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	高发明	性别	男	出生年月	1966.5
学历	研究生	学位	工学博士	电话	0335-8061569
专业技术职务	教授	行政职务	院长	手机	138003389012
院系	环境与化学工程学院		电子邮箱	fmgao@ysu.edu.cn	
地址	秦皇岛市海港区河北大街西段 438 号			邮编	066004
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）。 教学研究课题： 1、河北省高等教育教学改革项目“校内实践教学改革与创新教学研究”，河北省教育厅，2015； 2、省级专业综合改革试点“应用化学”，河北省教育厅，2013； 3、河北省“化学化工与石油工程本科教育创新高地”，河北省教育厅，2009； 4、省级“化学实验教学示范中心”，河北省教育厅，2007； 5、省级精品课“工程化学”，河北省教育厅，2004 教学研究论文： 1、康建新，郭丽杰，高发明，基于过程模拟的气体分馏装置 HAZOP 分析，燕山大学学报，2014.3 2、郭文锋，于升学，刘广田，董海峰，高发明，校内化工仿真与实训基地的建设与实践，第二届高等教育理工类教学研讨会，2012.11 3、乔玉卿，谢丹阳，李秋荣，高发明，工程化学教学中学生学习自我效能感的提高，教学研究，2010.6 教学奖励： “仿设训检”渐进式教学模式的校内实践教学改革与创新，燕山大学教学成果一等奖（2016JXCGJ05），河北省教学成果二等奖(GDJY-20162012)，2016 年					
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） 学术研究课题： 1、应用化学，长江学者奖励计划，2014-2018 年，主持人。					

- 2、超高长径比的超细贵金属单晶纳米线可控合成、生长机理及性能研究，国家自然科学基金，2014-2017 年，主持人。
- 3、超高体积比电容微纳米石墨化碳球的设计合成及其储能研究，国家自然科学基金，2017-2020 年，主持人。
- 4、类淀粉蛋白诱导高活性一维亚纳米(sub-1 nm)铂基合金的合成、生长机理及电催化性能，国家自然科学基金，2019-2022 年，主持人。
- 5、掺杂纳米碳球的可控制备及其电化学储能特性，河北省自然科学基金重点项目，2016-2018 年，主持人。

学术论文：

- 1、Ultrahigh volumetric capacitance and cyclic stability of fluorine and nitrogen co-doped carbon microspheres, NATURE COMMUNICATIONS, 通讯作者署名第 10 位，2015.
- 2、Fluorine- and Nitrogen-Codoped MoS₂ with a Catalytically Active Basal Plane, ACS APPLIED MATERIALS & INTERFACES, 通讯作者署名第 8 位，2017.
- 3、Investigation on the simultaneous removal of fluoride, ammonia nitrogen and phosphate from semiconductor wastewater using chemical precipitation, CHEMICAL ENGINEERING JOURNAL, 通讯作者署名第 5 位，2017.
- 4、Ultrathin Wall (1 nm) and Superlong Pt Nanotubes with Enhanced Oxygen Reduction Reaction Performance, SMALL, 通讯作者署名第 6 位，2018.
- 5、气相色谱—串联质谱法测定蜂蜜中 16 种多环芳烃，蜂业研究，通讯作者署名第 8 位，2018.

学术奖励：

- 1、教育部长江学者奖励计划特聘教授，教育部，2014-2018 年
- 2、国务院享受政府特殊津贴专家，国务院，2015 年
- 3、河北省省管优秀专家，河北省委，2015 年。

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	王丽琴	环境与化学工程学院 化学工程与工艺系	副教授		培养目标 实验教学	在线 服务
2	刘玉文	环境与化学工程学院 化学工程与工艺系	教授	系主任	教学大纲 实验教学	在线 服务
3	曹丽琴	环境与化学工程学院 过程装备与控制系	副教授	系主任	教学服务 实验教学	在线 服务
4	张永强	环境与化学工程学院	副教授		教学服务	在线

		化学工程与工艺系			实验教学	服务
5	李建军	环境与化学工程学院 化学工程与工艺系	副教授		软件维护 实验教学	在线 服务
1-2-2 其他成						
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	吴少杰	北京欧倍尔仿真 软件技术有限公司	工程师	经理	软件开发	技术 支持
2	尤琦	北京欧倍尔仿真 软件技术有限公司	工程师	经理	网络维护	技术 支持
项目团队总人数： <u>8</u> （人） 高校人员数量： <u>6</u> （人） 企业人员数量： <u>2</u> （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 甲醇制氢生产过程装备仿真设计实验
2-2 实验目的 “甲醇制氢生产过程装备仿真设计实验”依托河北省化学化工虚拟仿真中心，通过融入化工企业典型生产装置的实际案例，采用“虚实结合”和人机交互等方法，开展了虚拟仿真设计，拟达到以下实验目的： ①熟悉生产工艺设计的基本原理和流程； ②掌握典型过程装备的结构与功能； ③掌握工艺流程设计和设备布置方法； ④掌握压力管道的设计与组装方法。 通过此虚拟仿真设计实验，学生可在生动、直观的三维场景中认识单体设备的结构，并通过人机交互，完成一套甲醇制氢典型生产工艺流程的设计，及其配套装置与主体设备的三维布局与管道的连接，培养和提高学生的专业技能。

2-3 实验原理（或对应的知识点）

知识点数量：6（个）

按照“甲醇制氢生产过程装备设计仿真实验”的要求，生产工艺流程设计、制造、安装流程，构建二维、三维实景拟仿真实验平台（图 1）。基于平台，融合现代信息化技术，实现化工过程装备的设计训练。平台具备的功能包括：工艺设计（工艺实现方法、工艺流程设计）、动设备与静设备空间布局（将若干单体设备布置到合理位置）和管路系统设计（所有动力设备与单体设备进出口的管路连接）、典型过程设备拆装。将设计院、化工厂的操作模式有机融入虚拟实验教学组织和教学流程之中，注重培养学生解决复杂工程问题的能力。

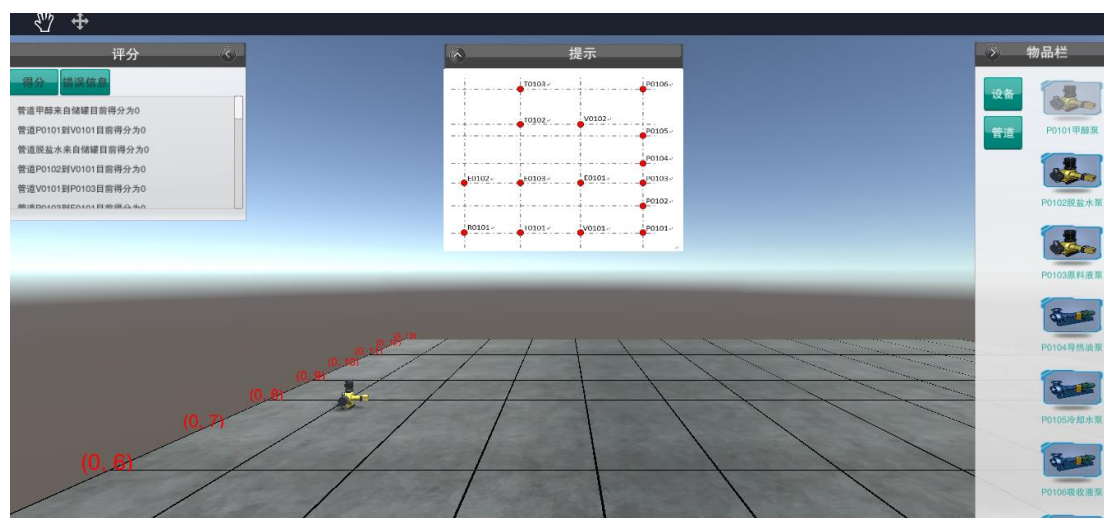


图 1 甲醇制氢生产过程装备三维仿真设计平台

甲醇制氢生产过程装备三维仿真设计软件包括四个模块，即知识点学习、工艺流程设计、设备布局和管路连接、典型化工过程装备拆装。工艺流程设计、设备布局和管路连接模块包括认知、操作、评分等环节。仿真设计模块的主要性能列于表 1 中。

表 1 仿真设计模块的主要性能

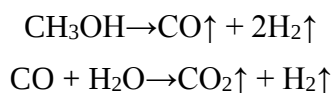
功能	性能描述
运行环境	运行环境为 WIN7 系统，采用网页版模式，无需插件。利用谷歌、火狐、或 360（极速模式）等浏览器，输入网址进行注册即可使用。

	拆装实验部分需要按页面操作说明安装插件。
软件界面	根据功能要求，采用 2D 和 3D 模式进行实现，2D 模式画面简洁，3D 模式场景逼真。在 2D 场景中进行工艺学习和测试；在 3D 场景中练习成套装置的设计；同时还可以通过典型设备拆装，进一步掌握和熟悉典型化工设备的结构与组成、内部构造和工作原理等。
工艺设计	在正确选择匹配的进出口时，可显示工艺连线。
设备布局	将甲醇制氢工艺流程的所有设备在三维场景中布局。单体设备列于屏幕右侧，可以用鼠标拖动某一单体设备到虚拟三维环境的某个位置，当模型接近于目标位置时，目标位置处有提示。
管路连接	通过拖动的方式将管路拖入场景中，并与对应的设备进出口进行连接。当匹配管口接近时，系统会有提示。
教学	采用体验式、交互式、混合式的教学，实验项目来自真实甲醇制氢工艺流程。
练习	人性化的操作方式，简便、快捷、明了，有充分的提示引导信息。
考核	工程流程设计、成套装置设计均分别评分。对每一步操作的正确性进行自动记录、计分，并输出考核记录单，实验结束后提交实验报告。
辅助功能	在线注册：用户可以用学生和教师身份进行注册。采用开放式注册的方式，校内人员可根据自己的学号工号等自行注册，校外人员同样可以根据工作单位进行注册。

实验原理可概括如下：

(1) 化学反应原理

甲醇蒸气转化反应方程式为：



CH_3OH 分解为 CO ，转化率 99%， CO 变换转化率 99%，反应温度 280°C ，反应压力为 1.5 MPa，醇水投料比 1:1.5(mol)。

(2) 生产工艺流程设计原理

主反应为吸热反应，采用导热油外部加热。转化气经冷却、冷凝后进入吸收塔，塔釜收集未转化完的甲醇和水供循环使用，塔顶转化气经吸收塔吸收，塔顶分离出氢气；釜液经解析塔解析，分离出二氧化碳，塔釜吸收液经泵重新送回吸收塔循环利用。

甲醇催化制氢生产过程可分为：原料汽化、催化转化反应、转化气冷却冷凝和洗涤净化等。

原料汽化：是指将甲醇和脱盐水按规定比例计量很合后，用泵加压送入系

统进行预热、汽化过热至转化温度的过程。

催化转化反应：在规定温度和压力下，原料混合器在转化器中进行催化裂解和催化转化，得到主要含有氢气和二氧化碳的转化气。

转化气冷却冷凝：将转化器下部出来的高温转化气经冷却、冷凝，送至气液分离器，将未反应的甲醇、水冷凝下来。

转化气洗涤净化：经冷却冷凝后，含有氢气、二氧化碳以及少量一氧化碳、甲醇和水的低温转化气，进入吸收塔用吸收液洗涤回收未反应的甲醇和水的过程，产品氢气和解析气二氧化碳分别送至储罐。

平台预置一个甲醇制氢典型生产过程的工艺流程（图2）。学生在学习该工艺流程后，选择进行测试，系统将隐藏各设备之间的连线，学生需要通过选择相关设备的接口，重新建立连接，重复选择，直到所有连线全部连接正确。以此考察学生对设备功能的了解和工艺的熟悉程度。

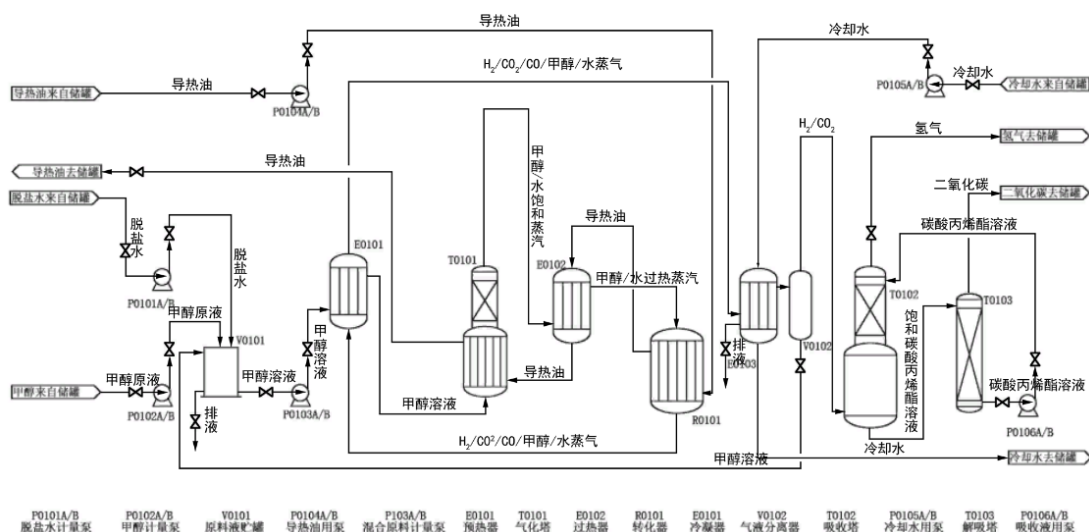


图2 甲醇制氢生产工艺流程图

(3) 仿真设计原理

平台预置了甲醇制氢成套装置的三维模型。学生在学习之后，可以选择进行测试，通过选择、拖动等操作，将所有泵、单体设备进行布局。预置的布局

方式已经经过优化，如果学生的布局方案与预置不一致，可以进行修改。若布局与预置一致，系统会给出提示。以此考察学生动、静设备布置方式的掌握程度，培养学生的全局意识。由于设备较多，学生需要进行多步操作。

设备布置方案

如图 3 所示，整套装置布置在一个正方形区域内，动力设备（泵）布置在左侧区域，其它设备按照与动力设备的关系，成行、成列布置在右侧区域。

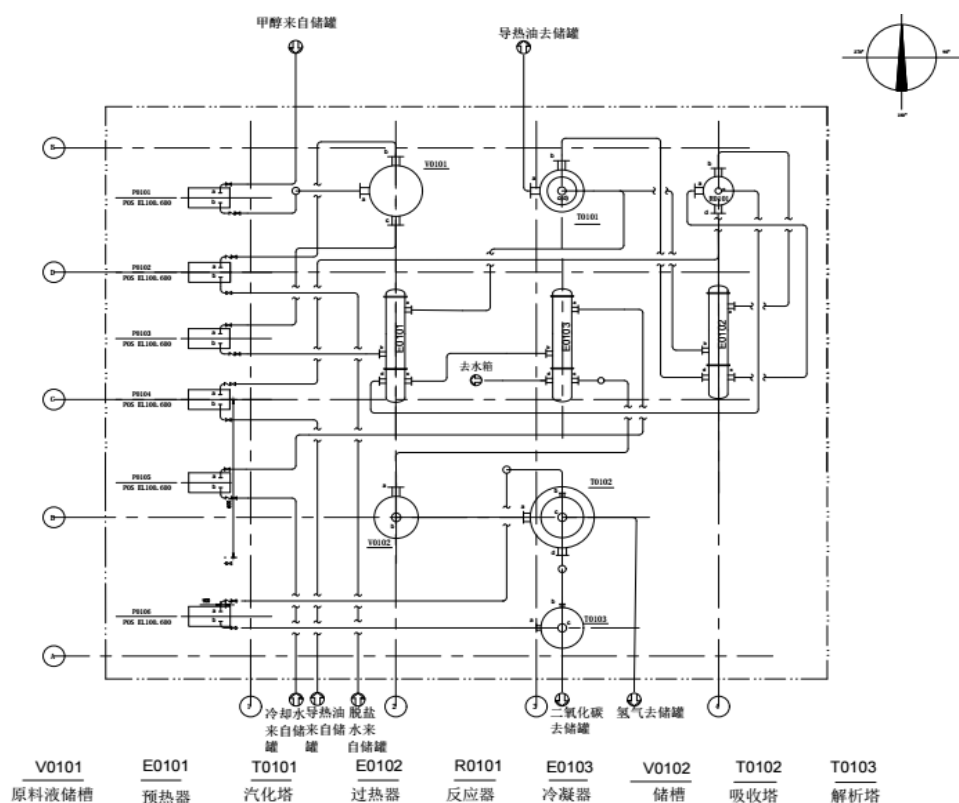


图 3 甲醇制氢生产设备布局

管路的设计和连接

设备布置完成后，继续通过选择、拖动等操作，将预置的各条管线连接到相关设备的接管上。由于设备最优位置是确定的，因此预置的管线（已设计好）型式与预置的设备布局方案是匹配的。学生选择一根管线，将其中一个端点与设备上的目标端点相连即可。学生在拖动管线过程中，可以了解管线的空间走向，为线下的管线空视图绘制提供了必要的指导。由于管线较多，学生需要依

次进行多步操作才能完成。

预置的管线设计遵循以下原则，即所有管线均平行于坐标轴，两个接口之间的管线一方面要尽量缩短长度，一方面要减小管道应力（加弯头），管线不能交叉等。

所对应的知识点包括：

1、典型化学反应原理和生产工艺流程

甲醇制氢典型工艺流程设计，包括生产工艺原理、工艺所用设备和介质运行路线。

2、生产工艺流程设计

工艺过程实现所需要的设备，各台设备中的工艺介质，管线中的工艺介质及其起点和终点。

3、生产过程装备

泵、转化器、过热器、汽化塔、换热器、冷凝器、吸收塔和解析塔的三维结构及工作原理。

4、生产设备的布置

根据是否满足工艺流程要求、是否符合经济性原则、是否符合安全生产要求，是否便于安装和维修、是否有良好的操作条件等条件，确定各台设备的空间相对关系、间距。

5、管路设计和连接

介质的理化性质、压力等级、工作温度等因素对管道的材料以及阀门和法兰等管道附件的要求。根据设备接口位置和尺寸，确定管路的空间走向。

6、典型过程装备拆装

对生产工艺过程中涉及的动设备和静设备进行拆装，熟悉和掌握其结构组成和工作原理，了解设备的功能及其实现方式。

本实验是仿真实习及化工设计的有益补充。设备的三维造型图直观、生动，便于学生掌握设备结构和工艺介质的走向。此外，通过简单的鼠标和键盘操作，即可构建逼真的装置场景，可以大大激发学生的学习兴趣。学生在线下设计之

前，可通过本实验熟悉和掌握工艺原理、设备结构和工作原理、设备布局方法、管路设计和连接方法等知识点，为线下展开设计奠定基础。

2-4 实验仪器设备（装置或软件等）

根据仿真实习及化工设计的课程目标，立足于培养学生解决复杂工程问题的能力，本实验以虚拟仿真设计为主，结合知识点学习、测试，力图通过生动的三维场景再现，激发学生的学习兴趣，锻炼学生的工程设计能力，培养团队合作能力。软件包括四个模块，即知识点学习、工艺流程设计、设备布局和管路连接、典型过程装备拆装。每个模块又分认知、教学、操作、考试及辅助功能等多个环节。仿真设计模块的主要性能列于表 2 中。

单体设备的模型如图 4-14 所示。各装置的功能可参考表 2 所列管线中的介质得知。例如，E0101 预热器的功能是用高温导热油将液态甲醇进行预热；P0105 泵是将冷却水泵入 E01033 冷凝器。

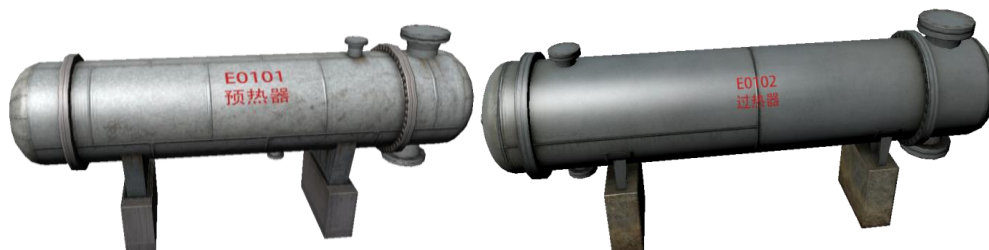


图 4 E0101 预热器图 5 E0102 过热器



图 6 E0103 冷凝器



图 7 T0101 汽化塔图 8 T0102 吸收塔图 9 T0103 解析塔



图 10 V0101 储罐图 11 V0102 气液分离器图 12 R0101 反应器



图 13 P0101~P0103、P0106 介质泵图 14 P0104 导热油泵（P0105 冷却水泵）

表 2 甲醇制氢工艺流程的管线

管线号	出、进口	介质
DNW0102-250L1B	P0101(B)→V0101(B)	脱盐水
PL0102-200L1B	P0102(B)→V0101(A)	甲醇
PL0104-35M1B	P0103(B)→E0101(b)	液态甲醇
R0102-200L1B-H	P0104(B)→R0101(d)	导热油
CWS0102-200L1B	P0105(B)→E0103(a)	冷却水
PL0106-100L1B	P0106(B)→T0102(b)	解析后的吸收液
PL0103-40L1B	V0101(c)→P0103(A)	液态甲醇
PL0105-25M1B-H	E0101(a)→T0101(d)	已预热的液态甲醇
PG0104-200M1B-H	E0101(c)→E0103(b)	反应器中的反应产物 (H ₂ 、CO)
PG0101-200M1B-H	T0101(c)→E0102(b)	甲醇气体

PG0102-200M1B-H	E0102(c)→R0101(a)	充分过热的甲醇气体
R0104-200L1B-H	E0102(d)→T0101(b)	导热油
R0103-200L1B-H	R0101(b)→E0102(a)	导热油
PG0103-200M1B-H	R0101(c)→E0101(d)	未充分反应的甲醇和反应产物 (H ₂ 、CO)
PG0106-200M1B-H	E0103(c)→V0102(a)	气液混合物
PG0105-100M1B	V0102(b)→T0102(a)	混合气体 (H ₂ 、CO)
PL0108-100L1B	V0102(c)→V0101(e)	未充分反应的甲醇
PL0107-80L1B	T0102(d)→T0103(b)	吸收液 (CO)
PL0108-80L1B	T0103(a)→P0106(A)	解析后的吸收液
R0105-200L1B-H	T0101(a)→某储罐	导热油
CWR0101-200L1B	E0103(d)→某储罐	冷却水
PG0107-80L1E	T0103(c)→某储罐	CO ₂
PG0106-100M1B	T0102(c)→某储罐	氢气
RO0101-200L1B-H	某储罐→P0104(A)	导热油
DNW0101-300L1B	某储罐→P0101(B)	脱盐水
PL0101-250L1B	某储罐→P0102(B)	甲醇
CWS0101-250L1B	某储罐→P0101(A)	冷却水

2-5 实验材料（或预设参数等）

- (1) 甲醇制氢生产工艺流程二维仿真软件
- (2) 甲醇制氢生产过程装备三维仿真设计软件
- (3) 单体设备
 - 1、转化器
 - 2、过热器
 - 3、汽化塔
 - 4、换热器
 - 5、冷凝器
 - 6、吸收塔
 - 7、解析塔
 - 8、储罐

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）

（1）教学方法和使用目的

本实验采用案例教学法。甲醇制氢生产过程装备仿真设计实验依托仿真设计平台，“虚实结合”，将典型的化工过程装备设计案例贯穿于实验过程中，包括等工艺流程设计、设备布局设计、管路系统设计等，合理规划，制订详细实验教学安排，完成实验约 8 个学时。教学要求如表 3 所示。线上虚拟设计可与线下的真实课程设计同步开展，有机结合，互为补充。

表 3 虚拟仿真实验内容安排

序号	名称	学时	要求	备注
1	工艺流程学习	1	掌握甲醇制氢的工艺流程，确定装置包含的设备，以及介质的循环、流向。	在线测试
2	工艺流程设计	1	完成所有工艺流线的连接。	操作考核
3	动设备识读	0.5	掌握常用压缩机、泵的结构和功能。	在线测试
4	静设备识读	2	掌握转化器、过热器、汽化塔、换热器、冷凝器、吸收塔和解析塔的结构和功能。	在线测试
5	仪器仪表识读	0.5	掌握常用仪器仪表的功能与用途。	在线测试
6	设备空间布局	1	能够进行设备的空间布局设计，完成主体设备的布局。	操作考核
7	管路系统设计	2	掌握管路设计的方法，并能将给定的管路连接到正确的位置。	操作考核

（2）实施过程与实施效果

本实验集“教、练、考”于一体，实施过程可以分为 7 个阶段。具体情况如表 4 所列。将静态图文的传统教材和标准，升级为集图、文、音、像（视频动画）于一体的全新资源载体，极大地丰富了知识的表现形式。同时，还提供丰富的互动教学功能，是集“教、练、考”于一体的全新教学模式，提升教学效率和效果得到明显提升。

表 4 虚拟仿真实验的实施过程

序号	名称	说明
1	工艺流程学习	学生应对照教材,具体了解甲醇制氢的生产流程,明确主要设备的作用及各进出口介质。
2	工艺流程设计	学生通过点与点连线,完成整条工艺路线的设计。
3	动设备识读	学生通过观察三维模型,识别本实验涉及的主要动设备的结构及部件。
4	静设备识读	学生通过观察三维模型,识别本实验涉及的主要静设备的结构及部件。
5	设备空间布局	学生通过拖动、调整等操作,完成所有动设备和静设备的布局。
6	管路系统设计	学生通过拖动、调整、连接等操作,完成管路系统的设计。

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：

学生经过甲醇制氢工艺流程学习、静设备结构识读、动设备结构识读、成套装置的三维空间布局学习后,独立完成以下实验步骤。

➤ 在工艺流程设计二维界面上完成以下步骤：

步骤 1: 完成与原料液储罐 V0101 相关的流程路线设计;

步骤 2: 完成与预热器 E0101 相关的流程路线设计;

步骤 3: 完成与汽化塔 T0101 相关的流程路线设计;

步骤 4: 完成与过热器 E0102 相关的流程路线设计;

步骤 5: 完成与反应器 R0101 相关的流程路线设计;

步骤 6: 完成与冷凝器 E0103 相关的流程路线设计;

步骤 7: 完成与储槽 V0102 相关的流程路线设计;

步骤 8: 完成与吸收塔 T0102 相关的流程路线设计;

步骤 9: 完成与解析塔 T0103 相关的流程路线设计;

➤ 在设备空间布局三维界面上完成以下步骤：

步骤 1: 选择泵 P0101~P0106 模型并拖动至指定位置

步骤 2: 选择原料液储罐 V0101 模型并拖动至指定位置

步骤 3: 选择预热器 E0101 模型并拖动至指定位置

步骤 4: 选择储槽 V0102 模型并拖动至指定位置

步骤 5：选择汽化塔 T0101 模型并拖动至指定位置

步骤 6：选择冷凝器 E0103 模型并拖动至指定位置

步骤 7：选择吸收塔 T0102 模型并拖动至指定位置

步骤 8：选择解析塔 T0103 模型并拖动至指定位置

步骤 9：选择反应器 R0101 模型并拖动至指定位置

步骤 10：选择过热器 E0102 模型并拖动至指定位置

所有动、静设备布置完成后，继续完成以下步骤：

步骤 11：安装 2D 工艺学习的内容，将各个设备之间用管道进行连接。

(2) 学生交互性操作步骤说明：

学生可以自行学习厂区设计的知识内容，并进行练习/操作和考核。学生还可根据自己对于生产工艺的理解，进行生产设备的连接，只有连接正确时，才可以进行下一步，这样有利于学生充分理解整个甲醇制氢的生产工艺过程。同时，具有评分系统，可以清楚地看到学生每一步连接正确与否。此外，还可以自动生成实验报告。

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

其他描述：根据操作的正确性，评定成绩。完成本实验共需近百个步骤，按正确操作步数与总操作步数的百分比给出成绩。

2-9 考核要求

本实验主要考核学生操作能力、撰写实验报告的能力。学生经过甲醇制氢工艺流程学习、静设备结构识读、动设备结构识读、常用仪器仪表识读、成套装置的三维空间布局学习后，独立完成工艺流程设计和设备空间布局、管道连线操作测试，系统进行评分。学生需要完成所有仿真训练和最后的操作考试，获

得总成绩的 50%；第二、撰写实验报告，通过实验过程的描述、安全操作意识描述、解决问题的方法描述，学生获得总成绩的 50%。

2-10 面向学生要求

(1) 专业与年级要求

本实验面向化学工程与工艺、应用化学、生物工程、环境工程过程装备与控制工程等专业的高年级学生（大三学生）开设。学生在完成专业基础课、专业课学习后，进行专业综合课程设计的同期开展本实验。其中每个模块也可开设在不同的课程中，如化工原理、化工设计等。

(2) 基本知识和能力要求等

掌握有机化学、物理化学、化工原理的基础理论知识，掌握化学反应工程、工程材料等专业理论知识。

2-11 实验项目应用情况

(1) 上线时间：2018.6

(2) 开放时间：2018.9

(3) 已服务过的学生人数：630

(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=ysdxhjyhxgc>

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）

客户端到服务器的带宽要求 2kMb/s 以上，系统提供带宽测试服务以上。

(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）

能够提供的并发响应数量 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

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）插件名称插件容量

下载链接

（3）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）

谷歌、火狐、360 极速模式主流浏览器,上述浏览器均支持下载服务。

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: 8GB ; 显卡: 2G 及以上; 存储硬盘: 50GB 以上。

（2）其他计算终端硬件配置要求

无特殊要求。

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，云台等。

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		系统采用 B/S 架构相结合的架构方式。通过 BS 架构,用户访问管理平台,查看相关功能(软件列表,课程列表)和统计信息(学习记录,考试成绩),并启动 3D 仿真项目。
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)	通过 3D 仿真技术实现虚拟教学仿真。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。 通过后台模块化模型的搭建和链接实现数据仿真。
	开发工具(如:VIVE WAVE、Daydream、Unity3d、Virtools、Cult3D、Visual Studio、Adobe Flash、百度 VR 内容展示 SDK 等)	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。 通过 SVN, Microsoft Project 等工具进行程序版本控制和项目管理。 通过 Maya, 3D Max 等工具制作仿真资源(模型,贴图,动画)。
	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 30 ms。
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)	Eclipse、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) 项目建设的必要性及先进性

“甲醇制氢生产过程装备仿真设计”教学过程信息集成度高、系统复杂，采用完全的装备来进行实验教学存在如下问题：①制作流程长，所需的各类容器、储罐、管道、阀门、动力机械繁多，占地面积大、危险系数高、前期投入巨大；②运行过程中电、液、气等资源消耗大，设备后期维护成本高，有些设备操作风险大；③部分装备，如换热器、填料塔，处于封闭的状态，无法观察到设备内部结构和介质的运行状态；④受经费、场地的限制，无法满足学生实际加工和操作能力培养的需要，开放、自主设计、创新型实验更是难以开展；⑤真实的成套装备一旦定型，很难调整局部装置，实验的灵活性受限，无法满足学生设计创新能力培养的要求。

熟知过程工业生产工艺及其装置中，各设备的结构与功能是学生开展化工过程装备设计的基础。利用虚拟仿真实现技术开展工艺设计、设备结构识读及装备成套设计、管路连接，对于提升学生在过程设备设计领域的专业技能具有重要意义。本项目采用基于 Unity3D 的 WebGL 技术，将生产现场的设备以 3D 的形式呈现，并可自由拖动与搭建。本项目以甲醇制氢工艺为原型，从设备结构识读到工艺学习、设计，最终进行成套装置设计，逐级递进帮助学生了解、掌握流程工业成套装置的设计方法。学生通过本实验，不仅可以学习工艺和设备的基本知识，而且可以提高解决复杂工程问题的能力。

(2) 教学方式方法

在教学模式上，虚实结合，将专业设计有机融合到虚拟设计中，最大化利用教学资源。在教学内容上，利用虚拟设计技术，将“企业真实案例”贯穿于实验

全过程。实验教学模块化，分步递进。

在教学方式方法上，集“教、练、考”于一体，通过“教”中项目化教学讲解，“练”中的实例操作演练，“考”中的上机考核环节，对学生进行记录、计分。

(3) 评价体系

评价体系客观公正。评价系统包括操作测试。要求学生采用连线、移动等操作方式，完成工艺流程的设计和设备的空间布局，管路系统的连接，以判断学生对工艺流程及设备布局方法的掌握程度，供教师作为学生成绩评定的参考。

(4) 对传统教学的延伸与拓展

仿真实习和课程设计课程涉及的知识点多，目前，课程教学及相关课程设计仍局限在纸面计算和二维设计图绘制阶段，并以团队合作的形式开展。学生在根据产量进行工艺计算和设备设计后，需要绘制设备的装配图、零件图、管线空视图和设备布局图等。该课程对指导教师的要求较高，要求指导教师需要同时具备工艺设计和设备设计方面的知识。

为了更好地契合工程教育中培养学生“解决复杂工程问题”的能力，我校开发了 Web 版的“甲醇制氢生产过程装备仿真设计”软件，用于弥补课程教学和学生在学习过程中的薄弱环节——工艺流程设计和设备布局设计。工艺流程设计仿真和设备布局仿真，能为学生提供接近于真实的情境，学生可以通过简单的操作，完成一套装置的搭建，对于设备间的相对位置，特别是管道的空间走向，具有更直观和深刻的认识，对于设备布局图和管道空视图的正确绘制具有重要意义。

信息化教学方法，使原本难以在课堂实现的装备设计搭建训练成为可能，提高了学生的学习兴趣，提高了学习效果。另外，本实验项目集成的设备结构识读等环节，也可以辅导其他课程的学习。

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: 本仿真设计实验项目将专业知识固化在平台内部,降低了对指导教师的要求,使得开设综合性设计课程成为可能,这对培养学生解决复杂工程问题的能力有重要意义。满足了燕山大学化学工程与工艺专业和过程装备与控制专业的本科教学要求,极大地激发了学生的实验兴趣,培养了学生的创新能力。我们将继续深入挖掘,用于实践教学方式和内容的不断更新和改进。

(2) 面向高校的教学推广应用计划: 基于以上良好的教学效果,在今后五年,本实验项目计划拓展研究对象,增加面向高校的应用范围,将服务推广到向校内其他有需求的专业燕山大学应用化学专业、生物工程专业、能源化学与工程专业、环境工程专业,还可以推广到有需求的其他高校,拟在现有网络教学平台的基础上,建设统一的实验教学信息平台,把该实验项目向全国高校推广,力争年服务数超过 2000 人次。为同类高校的学生,提供开放学习和培训,提供持续改进线上开放服务。

(3) 面向社会的推广与持续服务计划: 本项目隶属于河北省化学化工虚拟仿真实验教学中心,在持续建设和更新过程中将进一步扩大服务范围,推广到对于化工企业技术人员提供开放学习和培训。在提升服务质量的同时,为保证持续有效的提供教学服务,可针对企业和高校的不同需求优化项目,并且建立教学效果评价体系,收集和分析教学意见反馈,持续改进和更新教学内容和教学方法,实时更新相关设备和软件,为相关高校和企业提供更高校、低成本虚拟仿真实验服务,保证虚拟仿真实验的大范围开展。今后的目标是建成以燕山大学为中心辐射秦皇岛各高校和相关企业的仿真服务中心,为地方经济发展和人才培养做贡献。

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。

（其他需要说明的意见。）

主管校领导（签字）：

（学校公章）

年 月 日