

附件 8

# 浙江省“十三五”高校虚拟仿真实验教学 项目申报表

学 校 名 称	衢州学院
实 验 教 学 项 目 名 称	煤制合成氨 3D 虚拟仿真实训
所 属 课 程 名 称	生产实习及工程训练
所 属 专 业 代 码	081301
实验教学项目负责人姓名	雷宏
实验教学项目负责人电话	13819004309
有 效 链 接 网 址	<a href="http://xnfzhc.qzc.edu.cn:81/login.do">http://xnfzhc.qzc.edu.cn:81/login.do</a>

浙江省教育厅 制

## 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. 不宜大范围公开或部分群体不宜观看的内容，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	雷宏	性 别	男	出生年月	1979.07
学 历	研究生	学 位	博士	电 话	0570-8026549
专业技 术职务	副教授	行 政 职 务	教师	手 机	13819004309
院 系	化学与材料工程学院			电子邮箱	Leihong1979@sina.com
地 址	衢州市柯城区九华北大道 78 号			邮 编	324000
<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>一、主持的教学研究课题（含课题名称、来源、年限，不超过 5 项）</p> <p>1. 化学工程与工艺专业实验室提升建设，中央财政支持地方高校改革发展专项资金项目，2019.</p> <p>2. 有机化学实验教学改革，衢州学院，2009。</p> <p>二、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）</p> <p>1. 有机化学实验教学的改革与探索，新课程研究，2011.</p> <p>三、获得的教学表彰/奖励（不超过 5 项）</p>					

1.化工专业核心课程闯关式教学研究，衢州学院第二届优秀教研活动二等奖，2018.

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）

一、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）

1. 3-甲氧基丙烯酸甲酯新工艺研究，企业项目，2018，主持。
2. 有机硅高沸物资源化综合利用研究，企业项目，2018，主持。
3. 光热双重响应聚硅氧烷网络构筑及其固化行为与性能调控，国家青年自然科学基金，2017，参与。

4. 高分散铜基催化剂的制备及其催化 CO<sub>2</sub> 加氢合成甲醇应用研究，衢州市科技计划项目，2016，主持。

二、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）

1. Hong Lei, Ruheng Zheng, Yeping Liu, Jiacheng Gao, Xiang Chen and Xiaoliang Feng, Cylindrical shaped ZnO combined Cu catalysts for the hydrogenation of CO<sub>2</sub> to methanol, RSC Advances, 2019, 9: 13696-13704.

2. Hong Lei, Zhaoyin Hou, Jianwei Xie, Hydrogenation of CO<sub>2</sub> to CH<sub>3</sub>OH over CuO/ZnO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> catalysts prepared via a solvent-free routine, Fuel, 2016, 164: 191-198.

3. Hong Lei, Renfeng Nie, Guoqiang Wu, Zhaoyin Hou. Hydrogenation of CO<sub>2</sub> to CH<sub>3</sub>OH over Cu/ZnO catalysts with different ZnO morphology. Fuel, 2015, 154: 161-166.

4. Hong Lei, Research on macro cyclic polyamine complexes of Transition Metal and Catalytic Properties, Advanced Materials Research, 2014, 850-851: 24-27.

5. 雷宏，林笑笑，侯昭胤。机械研磨燃烧法制备 Cu/ZnO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 甲醇合成催化剂。化工学报，2012，63（1）：125-130。

三、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）

1. Hydrogenation of CO<sub>2</sub> to CH<sub>3</sub>OH over CuO/ZnO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> catalysts prepared via a

<p>solvent-free routine , 衢州市自然科学优秀论文奖二等奖, 第一, 2017。</p> <p>2. Hydrogenation of CO<sub>2</sub> to CH<sub>3</sub>OH overCu/ZnO catalysts with different ZnO morphology , 衢州市自然科学优秀论文奖三等奖, 第一, 2016。</p> <p>3. 衢州学院中青年学术骨干, 衢州学院, 第一, 2013.</p> <p>4. 衢州市 115 人才第三层次, 衢州市科技局, 第一, 2009.</p> <p>5. 浙江省高等学校优秀青年教师, 浙江省教育厅, 第一, 2009.</p>						
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 (含负责人, 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	雷宏	衢州学院	副教授	化工系主任	项目负责人	
2	冯晓亮	衢州学院	教授级高工	实验员	在线教学	
3	苏国栋	衢州学院	副教授	教师	在线教学	
4	刘国清	衢州学院	讲师	教师	技术支持	
1-2-2 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	仙保震	北京欧倍尔软件开发有限公司	工程师	部长	网络平台及软件维护	
2	张明山	北京欧倍尔软件开发有限公司	模型工程师	工程师	Maya 建模	
3	刘健	北京欧倍尔软件开发有限公司	模型工程师	工程师	Maya 建模	
项目团队总人数: <u>7</u> (人) 高校人员数量: <u>4</u> (人) 企业人员数量: <u>3</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

煤制合成氨 3D 虚拟仿真实训

### 2-2 实验目的

生产实训是本专业学生的一门主要实践性课程，是学生将理论知识同生产实践相结合的有效途径，是增强学生的群众性观点、劳动观点、工程观点和建设有中国特色社会主义事业的责任心和使命感的过程。煤制合成氨 3D 虚拟仿真实训项目是在虚拟化工厂里学生可以根据自己的需要选择不同岗位进行培训，如值班长、安全员、内操作工、外操作工等，为学员工作适应不同岗位提供了基础。3D 虚拟现场站与真实工厂布置一致，培训的同时能进一步提高学生对化工厂的工艺流程、设备布置、化工生产技术的理解能力，巩固所学的理论知识，加强了学生工程设计能力。具体实验目的如下：

(1) 熟悉造气、氨气合成和变换工段的反应原理以及 PSA 原理。了解变换炉，造气炉、轴径向氨合成塔和催化剂床层热点温度等相关知识。

(2) 以合成氨生产过程为例，掌握典型的连续化化工生产过程冷态开车、正常停车等操作，包括流体输送、反应、精馏、抽真空、加热、冷却、冷凝等典型操作单元。掌握化工生产过程常见故障处理方式，如：夹套汽包压力过大、夹套汽包液位控制阀卡死、氨分离器液位过高、氨冷器温控系统失灵、热水泵出口无压力和事故停电等。

(3) 加深对化工自动化生产装置、DCS 控制系统等知识的理解。培养在生产实践中将所学理论知识加以验证、深化和充实的能力，以及调查、分析和解决生产实际问题的能力。

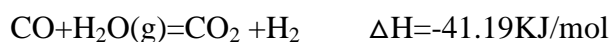
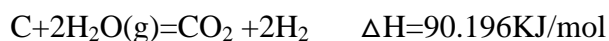
### 2-3 实验课时

(1) 实验所属课程所占课时：30 学时

(2) 该实验项目所占课时：5 学时

#### 2-4 实验原理 ( 简要阐述实验原理 , 并说明核心要素的仿真度 )

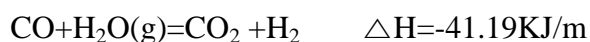
##### 造气工段原理:



##### 合成工段原理:



##### 变换工段原理:



生产流程主要包括三部分：造气工段、合成工段、变换和加压吸附（PSA）工段。

##### 造气工段:

1、蒸汽流程：从锅炉、潜热锅炉和蒸汽管网的蒸汽经过减压后进入蒸汽缓冲罐，在罐内与来自煤气炉夹套汽包的蒸汽混合后，通过蒸汽总阀和上、下吹蒸汽阀，分别从炉底和炉顶交替进入煤气发生炉。

2、制气流程：向煤气炉内交替通入空气和蒸汽与灼热的炭进行气化反应。上、下吹阶段生成的水煤气经过除尘、显热回收、冷却降温后送入气柜，空气煤气与水煤气混合成半水煤气进一步冷却除尘后去脱硫岗位。

### 合成工段:

来自精炼工段的精炼气体进入压缩机六段进行提压后的氢氮气经滤油器分离掉油、水等杂质后与循环气混合进入冷凝塔底部分离器，分离掉的液氨去球罐，循环气到上部换热器换热，出冷凝塔后进入透平循环机加压后，进入合成塔环隙与内件换热，从底部出合成塔后进入热交（管外）换热，换热后的气体再进入合成塔底部换热器（管外）换热，而后由中心管到触煤层，触煤层内循环气由上到下开始合成反应，出触煤层后进入合成塔底部换热器（管内）换热，而后出合成塔进锅炉换热产蒸汽，出锅炉后循环气再次进入热交换器（管内）换热，进入水冷器进行冷却，冷却后进入氨分离器分离液氨，分离掉的液氨去球罐，循环气进冷凝塔上部换热器（管内）冷却，而后进氨冷器进一步冷却，出氨冷器后与油分来的新鲜气混合进入冷凝塔底部分离器进行分离，如此完成一个循环，进行往复循环直至合成为氨。

### 变换和 PSA 工段:

1、气体流程：来自压缩机二段的半水煤气，经水冷器冷却进入焦炭过滤器底部，清除煤气中含的水份和焦油后由顶部出来，进入饱和塔底部与顶部来的热水逆流充分接触增温提湿，与外管网来的饱和蒸汽按一定比例混合。进入热交换器（管内）与变换气（管间）换热，进中变炉经一二段催化剂层进行变换反应。出中变炉的变换气经过冷却，达到低变触媒所需的反应条件后，进入低变炉继续进行变换反应。出低变炉上段的变换气经降温后，进入低变炉下部进行变换反应，经过变换反应后的变换气再进行降温后，进入热水塔底部，与饱和塔下来的热水逆流接触，降低变换气温度。热水塔出来的变换气再经过换热后，进入变脱塔的底部，在变脱塔内实现进一步的提纯精制，顶部出来的气体去两级变压吸附工段进行 CO 和 CO<sub>2</sub> 的进一步脱除。

2、液体流程：热水塔内的热水由热水泵抽出，送入第一水加热器（管内）与低变气换热，然后进入第二调温水加热器（管内）再与低变气换热，再进入第一调温水加热器（管内）再与中变气换热，逐步将热水温度提高到 140℃ 以

上，再送入饱和塔上部，与底部进来的半水煤气逆流接触，进行增湿提温，剩余的热水由 U 型水封回至热水塔，与变换气逆流接触后再进入热水泵循环使用，根据实际生产负荷，调节热水循环量，达到热量回收的目的。

3、粗脱系统：变换气由变换工段送入粗脱系统，先经过焦炭过滤器脱除原料气中的变脱夹带液体，再经过气水分离器除去游离水后进入吸附塔中，出塔中间气进入净化系统。当被吸附杂质的浓度前沿接近床层出口时，关闭吸附塔的原料气阀和中间气阀，使其停止吸附，通过不同次数的均压回收床层死空间的氢氮产品气。然后逆着吸附方向降压，易吸附组份被排放出来，吸附剂得到初步再生。再用吹扫气进一步解吸吸附剂上残留的吸附杂质，吸附剂得到完全的再生。

4、净化系统：从粗脱气来的中间气进入净化吸附塔，出塔净化气送入压缩机，当吸附杂质的浓度前沿接近床层出口时，关闭吸附塔的原料气阀和产品气阀，使其停止吸附，通过均降过程回收吸附塔死空间内有效气体。均降结束后通过塔出口程控阀，从吸附塔的上端将气体排入到缓冲罐内，作为吹扫气进一步加以回收。然后在利用顺放气缓冲罐中的气体由吸附塔顶部对底部床层进行吹扫，以使得吸附剂得到较完全的再生。

知识点：共 5 个

(1) 熟悉造气、合成和变换反应机理以及 PSA 原理。

(2) 了解变换炉，造气炉、轴径向氨合成塔和催化剂床层热点温度等相关知识。

(3) 加深对化工自动化生产装置、DCS 控制系统等知识的理解。

(4) 以合成氨生产过程为例，掌握典型的连续化化工生产过程冷态开车、正常停车等操作，包括流体输送、反应、精馏、抽真空、加热、冷却、冷凝、蒸发等典型操作单元。

(5) 掌握化工生产过程常见故障处理方式，如：夹套汽包压力过大、夹套汽包液位控制阀卡死、氨分离器液位过高、氨冷器温控系统失灵、热水泵出

口无压力和事故停电等。

## 2-5 实验仪器设备（装置或软件等）

煤制合成氨 3D 虚拟仿真实训项目需要的软件环境主要包括：IE11 浏览器，OTPO mnisim 仿真系统，合成氨 3D 仿真工艺包等。

虚拟环境中，连续化二甲基硅油生产流程主要包括三部分：造气工段、合成工段和变换及 PSA 工段，所涉及的主要装备如下表所示。

表 1 主要装备一览表

工序	序号	位号	名称
造气工段	1	V0101	夹套汽包
	2	V0102	蒸汽缓冲罐
	3	R0101	造气炉
	4	X0101	旋风分离器
	5	T0101	洗气塔
	6	P0101	鼓风机
合成工段	5	V0208	6#水分罐
	6	V0209	6#油分罐
	7	C0201	六段压缩机
	8	E0206	水冷器

变换及 P S A 工序	9	V0501	油气分离器
	10	T0501	轴径向氨合成塔
	11	R0501	废热锅炉
	12	E0501	水冷器
	13	E0502	热交换器
	14	E0503	氨冷器
	15	V0201	1#水分
	16	V0202	1#油分
	17	V0203	2#油分
	18	V0204	3#水分
	19	E0201	水冷器
	20	E0202	水冷器
	21	C0201	六段压缩机
	22	V0301	气液分离罐
	23	T0301	饱和热水塔
	24	R0301	中变炉
	25	R0302	低变炉
	26	T0302	变脱塔
	27	E0301	主热交换热器

## 2-6 实验材料 ( 或预设参数等 )

表 2 操作参数汇总表

工序	序号	控制内容	控制项目	正常数据
造气 工序	1	造气炉空气量	流量	178.33 t/h
	2	造气炉耗煤量	流量	57.79 t/h
	3	洗气塔液位	液位	50 %
	4	夹套气包液位	液位	60 %
	5	缓冲罐压力	压力	0.076 MPa
	6	系统压力	压力	3.5 KPa
	7	夹套气包压力	压力	0.78 MPa
合成 工序	8	系统进料量	流量	39.88 t/h
	9	废热锅炉液位	液位	50 %
	10	液氨储罐压力	压力	1.6 MPa
	11	废热锅炉压力	流量	1.2 MPa
		氨冷器出口温度	温度	-10 °C
精馏 工序	12	进系统气量	压力	20~100KPa
	13	水蒸气量	压力	20~100KPa
	14	饱和热水塔液位	压力	20~100KPa

## 2-7 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 )

传统实训教学方法沿袭了传统实验教学的模式，其教学过程大体上分三步：1. 教师讲解工艺技术规范和注意事项； 2. 教师列出详细的操作步骤； 3. 学生严格按照教师的规定来实施。在这样一个教学过程中，教师主要起示范、指挥的作用，还是采用传统的灌输式的教学，教师是主体，学生只是机械的模仿，处于被动的接受状态，限制了学生思维的自由发展，建设性的发现、突发奇想得不到鼓励，学习的主动性和创造性被压抑，学习效果不好。同时传统实训教学过于强调具体操作技能的训练，重点是让学生学会某项操作技能，却忽

视了对学生学习能力和创造能力的培养。随着科技的发展，生产手段的进步，今天在课堂学到技能也许现在还在生产中应用，但明天或后天就可能被淘汰。因此现代意义上的实训教学，应以某项专业技能的掌握为载体，着力培养学生的自我学习能力和创造能力，使学生在掌握基本知识和技能的同时，形成良好的职业行为习惯，培养学生的“独立完成倾向”的能力，为他们今后在工作实践中不断发展打下基础。

本虚拟仿真实训项目采用“研讨-互动”式的实验教学方法，将科研融入教学、将教学嵌入生产。以专业链对接产业链为导向，利用虚拟仿真实验教学手段，让学生切身体验岗位工作环境，了解新技术在生产上的应用情况。“研讨-互动”式实验教学是以学生自主学习为主，使学生在在学习专业知识的同时也学会如何学习，它以学生的认识水平为基础，激发学生主动参与教学过程，启发学生积极思考，在师生之间、生生之间通过课程教学实现教学和研讨的结合，既培养学生的学习能力、创新能力、沟通能力、协作能力和实践能力，也提升了课堂教学的质量。

“研讨-互动”式实验教学方法实施过程如图1所示。主要包括7个环节的内容：1.熟悉反应原理与生产流程；2.了解DCS控制系统及其控制指标；3.问题研讨，主要包括学生自主学习后自发提出的问题以及老师提出的启发式问题；4.学生练习，完成虚拟仿真实训过程练习项目，作为过程考核的一部分；5.问题研讨，包括学生练习过程中遇见的问题以及老师对实验项目知识点的凝练总结；6.上机操作考核，完成虚拟仿真实训考核项目，并做好实验记录；7.实验总结，完成实验报告。

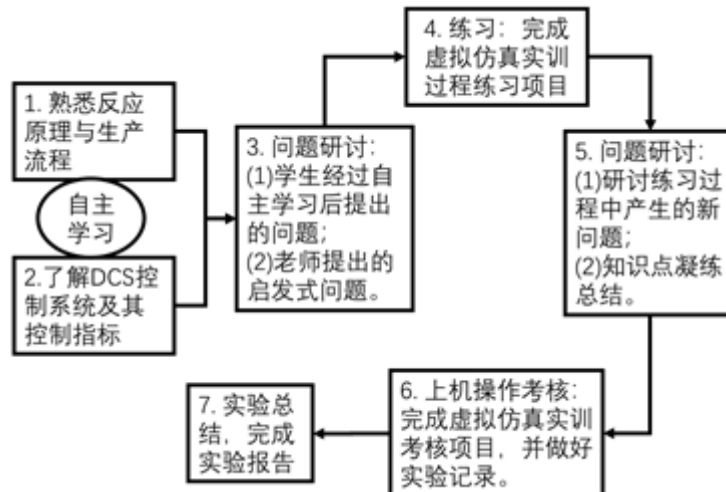


图1 “研讨-互动”式实验教学方法实施过程

通过开展“研讨-互动”式实验教学，学生的学习能力、创新能力、沟通能力、协作能力和实践能力得到较大的提升。本专业学生连续三年在全国大学生化工实验大赛上获得一等奖以上成绩，并于2019年获得全国总决赛特等奖第二名的好成绩；连续六年获得浙江省A类大学生化工设计竞赛一等奖，2018和2019年获得全国大学生化工设计竞赛一等奖；连续三年获得浙江省A类大学生化学竞赛一等奖。

## 2-8 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：

#### 造气工段：

1、蒸汽流程：从锅炉、潜热锅炉和蒸汽管网的蒸汽经过减压后进入蒸汽缓冲罐，在罐内与来自煤气炉夹套汽包的蒸汽混合后，通过蒸汽总阀和上、下吹蒸汽阀，分别从炉底和炉顶交替进入煤气发生炉。

2、制气流程：向煤气炉内交替通入空气和蒸汽与灼热的炭进行气化反应。上、下吹阶段生成的水煤气经过除尘、显热回收、冷却降温后送入气柜，空气煤气与水煤气混合成半水煤气进一步冷却除尘后去脱硫岗位。

### 合成工段:

来自精炼工段的精炼气体进入压缩机六段进行提压后的氢氮气经滤油器分离掉油、水等杂质后与循环气混合进入冷凝塔底部分离器，分离掉的液氨去球罐，循环气到上部换热器换热，出冷凝塔后进入透平循环机加压后，进入合成塔环隙与内件换热，从底部出合成塔后进入热交（管外）换热，换热后的气体再进入合成塔底部换热器（管外）换热，而后由中心管到触煤层，触煤层内循环气由上到下开始合成反应，出触煤层后进入合成塔底部换热器（管内）换热，而后出合成塔进锅炉换热产蒸汽，出锅炉后循环气再次进入热交换器（管内）换热，进入水冷器进行冷却，冷却后进入氨分离器分离液氨，分离掉的液氨去球罐，循环气进冷凝塔上部换热器（管内）冷却，而后进氨冷器进一步冷却，出氨冷器后与油分来的新鲜气混合进入冷凝塔底部分离器进行分离，如此完成一个循环，进行往复循环直至合成为氨。

### 变换和 PSA 工段:

1、气体流程：来自压缩机二段的半水煤气，经水冷器冷却进入焦炭过滤器底部，清除煤气中含的水份和焦油后由顶部出来，进入饱和塔底部与顶部来的热水逆流充分接触增温提湿，与外管网来的饱和蒸汽按一定比例混合。进入热交换器（管内）与变换气（管间）换热，进中变炉经一二段催化剂层进行变换反应。出中变炉的变换气经过冷却，达到低变触媒所需的反应条件后，进入低变炉继续进行变换反应。出低变炉上段的变换气经降温后，进入低变炉下部进行变换反应，经过变换反应后的变换气再进行降温后，进入热水塔底部，与饱和塔下来的热水逆流接触，降低变换气温度。热水塔出来的变换气再经过换热后，进入变脱塔的底部，在变脱塔内实现进一步的提纯精制，顶部出来的气体去两级变压吸附工段进行 CO 和 CO<sub>2</sub> 的进一步脱除。

2、液体流程：热水塔内的热水由热水泵抽出，送入第一水加热器（管内）与低变气换热，然后进入第二调温水加热器（管内）再与低变气换热，再进入第一调温水加热器（管内）再与中变气换热，逐步将热水温度提高到 140℃ 以

上，再送入饱和塔上部，与底部进来的半水煤气逆流接触，进行增湿提温，剩余的热水由 U 型水封回至热水塔，与变换气逆流接触后再进入热水泵循环使用，根据实际生产负荷，调节热水循环量，达到热量回收的目的。

3、粗脱系统：变换气由变换工段送入粗脱系统，先经过焦炭过滤器脱除原料气中的变脱夹带液体，再经过气水分离器除去游离水后进入吸附塔中，出塔中间气进入净化系统。当被吸附杂质的浓度前沿接近床层出口时，关闭吸附塔的原料气阀和中间气阀，使其停止吸附，通过不同次数的均压回收床层死空间的氢氮产品气。然后逆着吸附方向降压，易吸附组份被排放出来，吸附剂得到初步再生。再用吹扫气进一步解吸吸附剂上残留的吸附杂质，吸附剂得到完全的再生。

4、净化系统：从粗脱气来的中间气进入净化吸附塔，出塔净化气送入压缩机，当吸附杂质的浓度前沿接近床层出口时，关闭吸附塔的原料气阀和产品气阀，使其停止吸附，通过均降过程回收吸附塔死空间内有效气体。均降结束后通过塔出口程控阀，从吸附塔的上端将气体排入到缓冲罐内，作为吹扫气进一步加以回收。然后在利用顺放气缓冲罐中的气体由吸附塔顶部对底部床层进行吹扫，以使得吸附剂得到较完全的再生。

## (2) 学生交互性操作步骤说明：

1. 登入网址：<http://xnfzhc.qzc.edu.cn:81/login.do>。

教师账号：teacher 密码：123

学生账号：student 密码：123

评审账号：pingwei 密码：123456

2. 图 2 所示，选择“煤制合成氨（造气工段）3D 虚拟仿真实习工厂”。



图 2 “煤制合成氨 3D 虚拟仿真实习工厂” 网站页面

3. 进入“煤制合成氨（造气工段）3D 虚拟仿真实习工厂”页面（图 3 所示），打开练习软件，开始造气工段的训练（图 4 为造气工段 3D 仿真软件界面，图 5 为造气工段 DCS 图），再进行合成工段以及变换和 PSA 工段的练习。各练习的具体操作步骤系统有提示，汇总如下所示。

序号	培训项目名称	次数 (次)	时间	最高成绩	上次时间	上次分数	操作
1	冷态开车	0	00:00:00	0.000	00:00:00	0.000	启动
2	正常操作	0	00:00:00	0.000	00:00:00	0.000	启动
3	正常停车	0	00:00:00	0.000	00:00:00	0.000	启动
4	夹套汽包液位控制阀卡死	0	00:00:00	0.000	00:00:00	0.000	启动
5	夹套汽包压力过大	0	00:00:00	0.000	00:00:00	0.000	启动

图 3 “煤制合成氨（造气工段）3D 虚拟仿真实习工厂” 页面



图 4 “煤制合成氨（造气工段）3D 虚拟仿真实习工厂” 软件界面

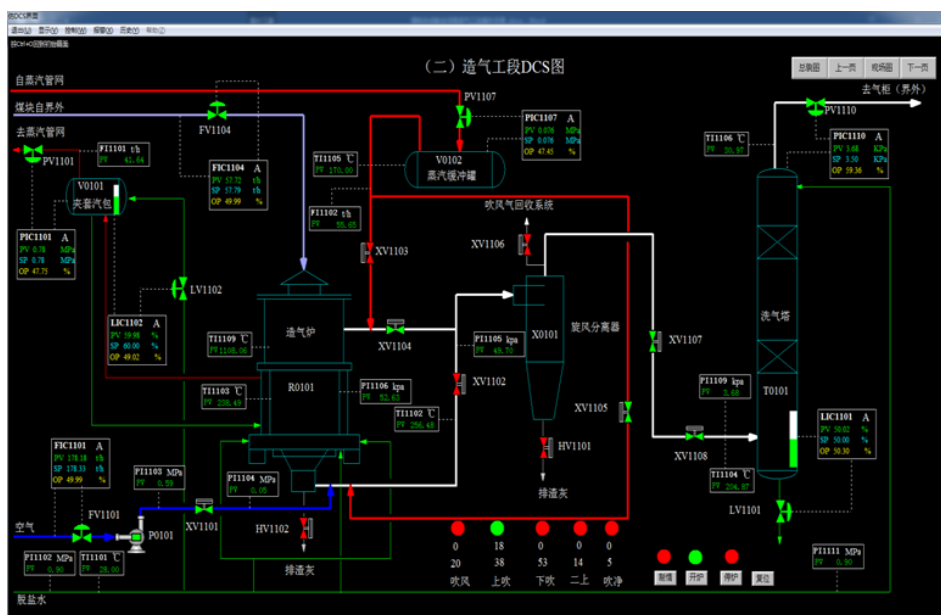


图 5 造气工段 DCS 图

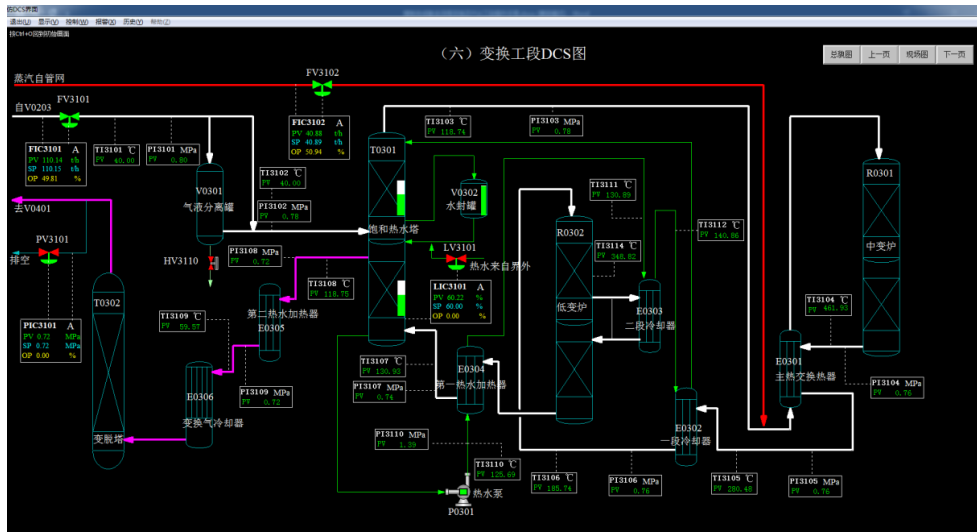


图 6 变换工段 DCS 图

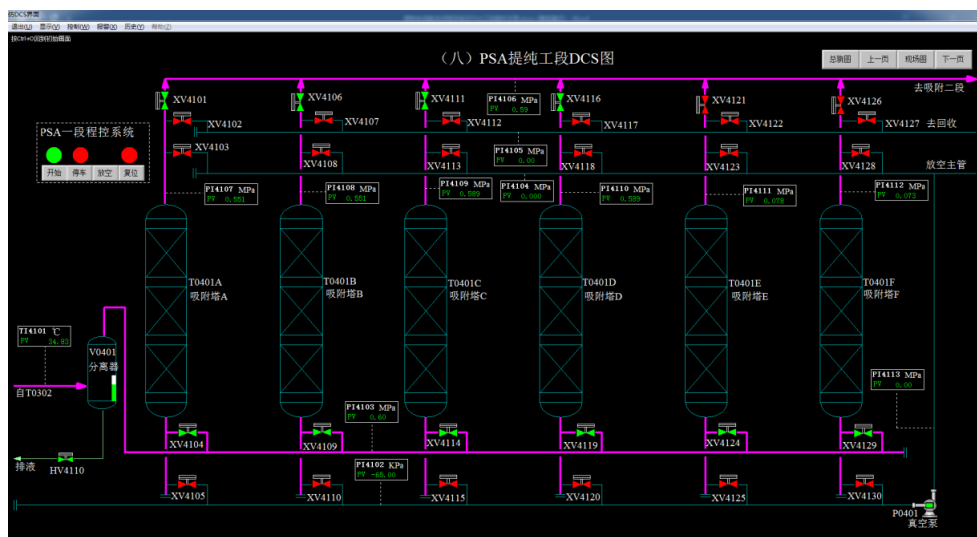


图 7 PAS 提纯工段 DCS 图

## 1. 造气工段:

### 1.1 冷态开车

#### 1.1.1 开车前准备

- 1) 全开阀 VD1109 和 VD1110, 保证汽包和造气炉夹套连通
- 2) 全开蒸汽出口阀 VD1107 和蒸汽入口阀 VD1121

- 3) 全开阀 VD1120
- 4) 开阀 VD1119, 开度设为 50

### **1.1.2 水和蒸汽并入系统**

1) 全开阀 VD1101、VD1113、VD1114、VD1116、VD1103、VD1102、VD1117、VD1118 和 VD1104

- 2) 开阀 VD1105 开度为 50, 往洗气塔加水
- 3) 控制洗气塔液位 LIC1101 在 50%, 投自动
- 4) 控制夹套汽包液位 LIC1102 在 60%, 投自动
- 5) 蒸汽缓冲罐压力控制 PIC1107, 设为 0.076MPa, 投自动
- 6) 夹套汽包压力控制 PIC1101, 设为 0.78MPa 投自动
- 7) 启动风机 P0101

### **1.1.3 投煤开车启动**

1) 往造气炉内加煤, 设 FIC1104 为 57.79t/h, 投自动, 以连续进料的方式代表造气炉内一直有煤的存在

2) FIC1101 设为 178.33, 投自动, 往炉内通入空气

3) 待液位和各个压力达到设定值, 点击“制惰”, 对造气炉进行升温加热

4) 当造气炉内开始反应, 中心温度达到 900°C后, 点击“开炉”, 正式启动程序控制, 进行上下吹制气过程

5) PIC1110, 设为 3.5KPa 投自动

## **1.2 正常停车**

### **1.2.1 自动改手动**

1) FIC1101、FIC1104、LIC1101、LIC1102、PIC1101、PIC1107 和 PIC1110 自动改手动

### **1.2.2 停炉停料**

- 1) 关闭阀 FV1104, 停止煤加入
- 2) 点击“停炉”按钮

- 3) 关闭阀 FV1101, 停止空气进入
- 4) 关闭风机 P0101
- 5) 关闭阀 VD1105, 停止洗涤塔进水
- 6) 关闭阀 LV1102, 停止汽包进水
- 7) 关闭阀 PV1101, 停止蒸汽去管网
- 8) 关闭阀 PV1107, 停止缓冲罐蒸汽进
- 9) 关闭阀 PV1110, 停半水煤气去气柜

### **1.2.3 泄压排液**

- 1) 打开阀 VD1108, 对汽包进行泄压
- 2) 打开阀 VD1209, 排净汽化炉内压力
- 3) 打开阀 VD1106, 对洗涤塔进行泄压
- 4) 打开阀 VD1122 和 VD1123, 对缓冲罐泄压

### **1.2.4 阀门复原**

1) 关闭阀 VD1101、VD1113、VD1114、VD1116、VD1107、VD1102、VD1103、VD1117、VD1118、VD1104、VD1119、VD1120、VD1121、VD1109 和 VD1110

- 2) 待夹套汽包压力降至常压时, 关闭阀 VD1108
- 3) 待管冲罐压力降至常压时, 关闭阀 VD1122 和 VD1123
- 4) 待造气炉内压力降至常压时, 关闭 VD1209
- 5) 待洗涤塔压力降为常压时, 关闭阀 VD1106
- 6) 待洗涤塔压力内无液位时, 关闭阀 LV1101
- 7) 点击“复位”, 使各个程序阀复位

## **1.3 常见事故**

### **1.3.1 夹套 汽包压力过大**

原因: 由于夹套汽包 V0101 出口阀 PV1101 出现不同程度的堵塞, 流通能力大大减弱, 发现不及时, 导致汽包内压力一直累积过大。

处理方法:

- 1) 打开紧急放空阀 VD1108, 进行泄压
- 2) PIC1101 自动改手动
- 3) 关闭阀 VD1107
- 4) PIC1101 开度调为 0, 对阀进行维修

### **1.3.2 夹套 汽包 液位控制 阀卡死**

原因: 夹套汽包 V0101 的液位控制阀, 由于故障坏掉, 现在液位出现过低报警现象。

处理方法:

- 1) LIC1102 自动改手动
- 2) 打开旁路阀 VA1115, 对汽包进行补水
- 3) 关闭前阀 VD1113
- 4) 关闭后阀 VD1114
- 5) LIC1102 开度调为 0

## **2.合成工段:**

### **2.1 冷态开车**

#### **2.1.1 精炼送气**

- 1) 打开阀 VD2108, 开度设为 100
- 2) 启动六段压缩机 C0201
- 3) 打开系统水冷器喷淋水按钮
- 4) 打开阀 FV2102, 对精炼气进行升压过程
- 5) FIC2102 手动投自动
- 6) FIC2102 设定值为 39.8797, 维持稳定
- 7) 待 V0209 油分罐压力达到 30.9MPa 后, 稍开阀 VD2111 (开度先设置到 5 左右), 对合成系统进行充压
- 8) 若压力过高, 开放空阀 VD2112, 进行放空处理

### 2.1.2 系统充压

1) 待冷交换器压力升至 30MPa 以上后，打开阀 VD5107，进行循环机升压

2) 启动循环压缩机 C0501

3) 全开阀 VD5109

4) 打开阀 VD5115，开度设为 50，可根据实际升压情况进行实际调整

5) 打开阀 VD5110，开度设置为 50，保证管道通畅

6) 稍开压缩机出口阀 VD5108，对合成塔升压，开度根据升压情况逐渐增大

7) 待合成塔内压力 PI5106 压力不低于冷交换压力 PI5102 时，说明系统压力循环完成，此时启动合成塔电加热开关，对合成塔催化剂进行活化升温

8) 待 TI5107 温度高于 200°C后，关闭电加热开关，活化完成，逐渐开始利用合成反应热升温

### 2.1.3 循环水系统投入

1) 打开阀 LV5101，对废热锅炉进行补水

2) 将 LIC5101 手动改为自动

3) LIC5101 液位设置为 50

4) 打开 E0501 水冷器开关按钮

5) 打开废热锅炉蒸汽出口前阀 VD5118

6) 打开废热锅炉蒸汽出口后阀 VD5117

7) 打开阀 PV5107

8) 将 PIC5107 手动投自动

9) PIC5107 设定值为 1.2MPa，维持稳定

### 2.1.4 反应过程

1) 全开阀 VD5101，氨冷器投入使用前准备

2) 打开前阀 VD5102，开度为 100

- 3) 打开后阀 VD5103, 开度为 100
- 4) 打开出口阀 VD5116, 开度为 100
- 5) 打开阀 TV5102, 氨冷器并入系统
- 6) TIC5102 手动改自动
- 7) 将 TIC5102 设定值设定为-10°C, 维持稳定
- 8) 当氨分离器液位高于 60%后, 打开阀 VD5111, 调节开度维持液位在 60%左右
- 9) 当冷交液位高于 60%后, 打开阀 VD5113, 调节开度维持液位在 60%左右
- 10) 通过调节阀 VD5112 开度, 保证液氨储罐液位在一半上下浮动
- 11) PIC5101 手动投自动
- 12) PIC5101 设定值 1.6MPa, 维持稳定
- 13) 运行一段时间后打开阀 HV0208、HV0209 和 HV5110, 进行排液处理

## **2.2 正常停车**

### **2.2.1 自动改手动**

- 1) FIC2102、LIC5101、PIC5107、TIC5102 和 PIC5101 自动改手动

### **2.2.2 压缩机停车**

- 1) 逐渐关小阀门 FV2102, 降低进料符合直至 0
- 2) 停压缩机 C0201
- 3) 打开至放空总管阀 VD2112
- 4) 关闭进合成系统阀门 VD2111
- 5) 关闭阀 VD2108
- 6) 关闭喷淋水

### **2.2.3 排液氨**

- 1) 关闭废热锅炉液位控制阀 LV5101
- 2) 停循环压缩机 C0501

3) 开大液氨储罐阀门 VD5112，进行排液，将氨分离和冷交换液位尽可能排净

#### **2.2.4 系统泄压**

- 1) 打开系统放空阀 VD5532
- 2) 关闭阀 VD5107 和 V5108
- 3) 打开废热锅炉蒸汽放空管线阀门 VD5119
- 5) 关闭阀 VD5117 和 VD5118
- 6) PIC5107 和 TIC5102 开度设为 0
- 7) 关闭阀 VD5101 和 VD5116
- 8) 关闭前阀 VD5102
- 9) 关闭后阀 VD5103
- 10) 关闭水冷器
- 11) 关闭阀 VD5109、VD5115 和 VD5110
- 12) 待氨分离无液位时，关闭阀 VD5111
- 13) 待冷交换无液位时，关闭阀 VD5113
- 14) 待液氨储罐无液位时，关闭 VD5112
- 15) 待液氨储罐压力降为常压时，关闭阀 PV5101

#### **2.2.5 阀门复原**

- 1) 待系统压力降至常压时，复原阀 VD5532、VD2112
- 2) 待废热锅炉压力降至常压时，复原阀 VD5119

### **2.3 常见事故**

#### **2.3.1 氨分离器液位过高**

原因：排液阀开度过小。

处理方式：

- 1) 全开阀 VD5111，进行排液

#### **2.3.2 氨冷器温控系统失灵**

原因：氨冷器控制系统失灵，不起到温控作用

处理方式：

- 1) 全开温控系统旁路阀 VD5104
- 2) 关闭温控系统前阀 VD5102
- 3) 关闭温控系统后阀 VD5103
- 4) TIC5102 自动改手动，进行维修

### **3. 变换及 PSA 工段**

#### **3.1 冷态开车**

##### **3.1.1 水入系统**

- 1) 打开阀 LV3101，对饱和热水塔充液，控制热水塔液位在 60%
- 2) 打开热水泵 P0301 前阀 VD3120，后阀 VD3121
- 3) 全开阀 VD3123，保证管道通畅
- 4) 打开阀 VD3106，开度设为 50
- 5) 打开阀 VD3105，开度设为 50，饱和热水塔自身循环开始
- 6) 打开阀脱盐水阀 VD3115，开度为 50
- 7) 打开循环水进水阀 VD3119，开度为 50
- 8) 打开循环水出口阀 VD3118，开度为 100

##### **3.1.2 系统充压**

- 1) 打开阀 VD2101，开度为 100，微开 VD2114
- 2) 开喷淋水装置开关按钮，启动压缩机 C0201
- 3) 待压缩机稳定后，逐渐关小 VD2114 开度
- 4) 打开阀 VD2103，开始对变换充压，开度为 50
- 5) 打开阀 VD3103 和 VD3102，开度为 100，
- 6) 打开阀 VD3104、VD3107、VD3109 和 VD3112，开度为 50
- 7) 打开阀 VD3111 和 VD3108，开度为 100
- 8) 设置 PIC3102 为 0.72MPa，投自动

9) 稍开 FV3102, 水蒸气入系统, 根据系统温度, 逐渐开大 FIC3102, 设定 40.89t/h

10) 根据情况启动中变炉电加热器和低变炉加热器

11) 待系统稳定后, 开启后续阀门 VD4101, 开度为 100

### **3.1.3 PSA 一段投入**

1) 打开阀 VD4102 、VD4104, 开度为 100

3) 打开阀 VD4106, 开度为 50

4) 打开真空泵出口阀 VD4108

5) 打开阀 VD4110, 开度 100, 启动真空泵 P0401

6) 打开阀 VD4107 和 VD4111, 开度为 100

7) 点击 PSA 一段程控系统开车按钮

8) 打开阀 VD4202, 开度为 100

### **3.1.4 PSA 二段并入系统**

1) 打开阀 VD4209, 开度为 50, 打开阀 VD4207, 开度为 100

2) 打开真空泵出口阀 VD4204, 打开阀 VD4206, 开度为 50

3) 启动真空泵 P0402, 打开真空泵前阀 VD4203

4) 点击 PSA 二段程控系统开车按钮

5) 打开阀 HV4110, 进行排液, 打开阀 VD2106, 开度为 50

6) 打开阀 VD2113, 开度为 50, 对变换气进行提压

7) 提压完成后, 打开阀 VD2107, 开度为 50, 变换气进精炼系统

## **3.2 正常停车**

### **3.2.1 停车降荷**

1) 点击 PSA 二段停车按钮

2) 点击 PSA 一段停车按钮

3) 打开阀 VD4210, 管道放空

4) 关闭阀 VD4209、VD4103 和 VD4102

5) FIC2101 自动改手动, 逐渐关小 FIC2101 开度直至为 0

6) 打开放空阀 VD2114

7) 关闭阀 VD2103、VD2106、VD2113 和 VD2107

8) PIC2101 和 LIC3101 自动改手动

9) 关闭阀 VD3105 和 VD3106

10) 关闭热水泵出口阀 VD3121, 停止热水泵 P0301

11) 关闭热水泵进口阀 VD3120

### 3.2.2 PSA 段停车

1) 点击 PSA 二段程控系统放空按钮

2) 关闭阀 VD4202、VD4207、VD4206、VD4203

3) 停真空泵 P0402, 关闭阀 VD4204

4) 待泄压完成, 点击二段程控系统复位按钮, 关闭阀 VD4210, 将阀复

原

5) 点击 PSA 一段程控系统放空按钮

6) 关闭阀 VD4104、VD4106、VD4111、VD4110 和 VD4107

7) 停真空泵 P0401, 关闭阀 VD4108

8) 待泄压完成, 点击一段程控系统复位按钮

9) 关闭阀 VD4103, 将阀复原

10) 待 V0401 无液位时, 关闭阀 HV4110

### 3.2.3 变换停车

1) PIC3101 自动改手动, 全开 PIC3101, 对系统泄压

2) 关闭阀 VD4101

3) FIC3102 自动改手动, FIC3102 开度降为 0, 停止蒸汽进入

4) 关闭阀 VD3108、VD3102 和 VD3103

5) 待 V0301 压力降至常压后, 关闭阀 VD3104

6) 待系统压力降至常压后, 关闭阀 VD3107、VD3109、VD3110、VD3112、

PIC3101、VD3123、VD3119、VD3118 和 VD3115

### 3.2.4 压缩工段停车

- 1) 关闭阀 VD2101 和 VD2114
- 2) 停压缩机 C0201
- 3) 关闭喷淋水装置开关
- 4) 关闭阀 VD2113

### 3.3 常见事故

#### 3.3.1 热水泵出口无压力

原因：热水泵进口阀被误关

处理方式：

- 1) 首先关闭泵出口阀 VD3121
- 2) 停止热水泵 P0301
- 3) 重新打开泵入口阀 VD3120
- 4) 启动泵 P0301
- 5) 重新打开泵出口阀 VD3121

#### 3.3.2 事故停电

原因:由于电力设备故障，该工段出现突然断线事故

处理方式：

- 1) 全开放空阀门 VD2114

2-9 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

(3) 其他描述：

## 2-10 考核要求

本课程的考核内容、考核方法支撑课程目标的关系矩阵如表 3 所示：

表 3 课程目标与考核内容和方式关系矩阵

课程目标	考核内容	考核方式
实习现场表现	认真听课，做好现场笔记。乐于沟通，主动思考和讨论，向指导教师提问，虚心求教并能获得问题答案。	指导教师依据现场表现评价
仿真实验	对工艺和设备的仿真模拟。	上机考试
实训报告	根据实训内容撰写实训报告，简述实训收获和实训体会	报告

实训成绩= 平时成绩（20%）+考试成绩（50%）+实验报告（30%）

实习考核的总评成绩采用五级分制：优秀（90 分以上）、良好（80-89 分）、中等（70-79 分）、及格（60-69 分）、不及格（60 分以下）。

评分标准：

考核内容	100 分	80 分	60 分	<60 分
实习现场表现 权重 20%	态度积极，遵守纪律，出勤满。	听从实习安排和管理，遵守纪律。	遵守纪律，有迟到早退现象，	实训有缺勤或迟到、不听从实训安排和管理，有违反纪律情况
仿真实验 权重 50%	高质量完成实训内容和要求。	较好地完成实训内容和要求。	实训内容和要求基本达到要求。	实训内容和要求达不到要求。
实训报告 权重 30%	实习记录和实习报告齐全，内容质量高，书写认真，格式规范，有分析讨论和创新见解。	实习记录和实习报告齐全，格式规范，实习思考题回答正确。	实习记录和实习报告齐全，实习问题回答基本正确。	实习记录和实习报告缺失，无实习思考题解答。

## 2-11 面向学生要求

### (1) 专业与年级要求

化学工程与工艺及相关专业，大三、大四学生。

### (2) 基本知识和能力要求

已掌握实验安全、化学、工程技术等相关知识，具备实验基本操作、化工单元操作、计算机应用等技能。已学习《无机及分析化学》、《有机化学》、《化工原理》、《化工仪表及自动化》以及《化学反应工程》等相关课程。

## 2-12 实验项目应用及共享情况

(1) 本校上线时间：2018年9月1日

(2) 已服务过的本校学生人数：200以上

(3) 是否纳入到教学计划： 是  否

(勾选“是”，请附所属课程教学大纲)

(4) 是否面向社会提供服务： 是  否

(5) 社会开放时间：2019年9月1日，已服务人数: 100以上

### 3.实验教学项目相关网络及安全要求描述

#### 3-1 有效链接网址

<http://xnfzhc.qzc.edu.cn:81/login.do>

教师账号： teacher 密码： 123

学生账号： student 密码： 123

评审账号： pingwei 密码： 123456

#### 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 )

建议 20M 以上。

(2) 说明能够支持的同时在线人数 ( 需提供在线排队提示服务 )

5000 人同时在线。

#### 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

Windows server 2010 及以上

(2) 其他计算终端操作系统和版本要求

Windows 7 及以上

(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 虚拟仿真运行平台 插件容量 55M

下载链接 仿真平台内提示下载链接

(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 )

暂不支持其它操作系统或终端。

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**

主频：八核 3.6GHz

内存：32GB 以上

**(2) 其他计算终端硬件配置要求**

CPU: 四核 3.6GHz

内存：8G

硬盘：1T

显卡：GTX745 2G 独显以上

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**

无。

3-7 网络安全

(1) 项目系统是否完成国家信息安全等级保护 是 否

(勾选“是”，请填写) 级

#### 4.实验教学项目技术架构及主要研发技术

指标	内容
<p>系统架构图及简要说明</p>	<p>该项目的运行依赖于欧倍尔虚拟仿真平台（下文简称平台）。对于仿真项目开发者，平台提供了一系列开发者工具方便仿真软件开发和特殊需求定制。对于仿真软件使用者，平台提供数学算法模型计算以及数据支持，并以此为基础提供一系列方便学生自主学习和老师教学管理的工具，例如学生客户端的统一控制、文件同传、试卷编辑与下发、成绩自动统计、实验报告的自动生成与上传等。</p> <p>总架构图如下：</p> <p>对于该架构图的说明如下：</p>

1、仿真开发端：开发工具集中提供算法组态工具对仿真工艺流程和仿真设备的内部运行原理进行抽象和模拟、图元组态工具对各类算法模块和工艺设备的图形表示进行设计和组合、工艺组态工具对仿真软件项目包含的仿真内容和仿真单元定制化、工况配置工具用来根据当前需要考核的内容自由设置仿真软件的初始状态、事故配置工具配合工况配置完善软件操作的考核、评分配置工具用来设置仿真软件中的考核点并赋予相应的分值构成一套考卷。开发者通过模型管理平台和配置管理平台开发仿真软件，最终生成相应的包含数学计算的模型文件、描述软件仿真内容和仿真单元的工艺文件、组态文件、工况文件以及评分试卷文件。

2、平台同时支持 CS 架构和 BS 架构两种。在 CS 架构下，平台分为学员端和教师端两部分。教师端负责对学员端的仿真软件的启停、练习和考核做统一控制，并负责对学员端的仿真运行环境做统一的部署、管理和维护。学员端在平台的支撑下通过教师端的控制或者学生主动操作运行各类仿真软件，并且在该过程中能够与教师端在网络通信层的支持下保持数据和状态的同步。平台的运算数据库负责加载运行软

件的若干数学计算模型，并提供了一整套供其他应用程序访问的数据交互接口。应用管理程序例如 DCS 控制系统、智能评分系统、Unity3D 仿真程序、工况管理和事故控制程序能够利用运算数据库提供的数据库访问接口相互协同工作，完成整个仿真工艺的模拟和练习。最终将练习的结果或者考试的成绩、实验报告文件自动上传到教师端。在 BS 架构下，教师和学生根据分配的账号登录到网络平台，教师帐号具有权限对机构中的学员进行统一管理、并能够创建仿真考试教室、能够查看优秀学员、学习日志以及各类统计报表。学生帐号能够学习仿真软件、并能够查看自己的学习记录、考试记录、实验报告以及学习问题答疑等等。

1、开发技术：VR、3D 仿真、二维动画、HTML5、WebGL ( 其他 )

2、开发工具：Unity3D、Maya、AdobeFlash、Visual Studio

3、运行环境：服务器：CPU 四核、内存 8GB、磁盘 500GB、显存 2GB、GPU 型号不限型号

操作系统：WindowsServer2018R2

数据库：Mysql

实验 教学 项目	开发技术	<input type="checkbox"/> VR <input type="checkbox"/> AR <input checked="" type="checkbox"/> MR <input type="checkbox"/> 3D 仿真 <input type="checkbox"/> 二维动画 <input checked="" type="checkbox"/> HTML5 其他_____
	开发工具	<input type="checkbox"/> Unity3D <input checked="" type="checkbox"/> 3D Studio Max <input checked="" type="checkbox"/> Maya <input checked="" type="checkbox"/> ZBrush <input checked="" type="checkbox"/> SketchUp <input checked="" type="checkbox"/> Adobe Flash <input checked="" type="checkbox"/> Unreal Development Kit <input checked="" type="checkbox"/> Animate CC <input checked="" type="checkbox"/> Blender <input type="checkbox"/> Visual Studio <input checked="" type="checkbox"/> 其他_____
	运行环境	<b>服务器</b> CPU <u>  八  </u> 核、内存 <u>  32  </u> GB、磁盘 <u>  1000  </u> GB、 显存 <u>  2  </u> GB、GPU 型号 <u>  GTX745  </u> <b>操作系统</b> <input type="checkbox"/> Windows Server <input checked="" type="checkbox"/> Linux <input checked="" type="checkbox"/> 其他 具体版本 <u>  Windows server 2010 及以上  </u> <b>数据库</b> <input checked="" type="checkbox"/> Mysql <input type="checkbox"/> SQL Server <input checked="" type="checkbox"/> Oracle 其他_____
	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、	单场景模型总面数一般控制在 50 W 以内，可以在保证场景效果的同时，拥有较好的流动性；贴图分辨率一般以 1 K 为主，部分设备使用 2 K 最高 4 K 的贴图，用于展现较真实的设备外观。

	分辨率等)	每帧渲染次数：35+ 动作反馈时间：30 毫秒以下 分辨率：自适应客户机 显示刷新率：自适应客户机
--	-------	--

## 5. 实验教学项目特色

( 体现虚拟仿真实验教学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

煤制合成氨 3D 虚拟仿真实训项目遵循“化长为短时、化危险为安全、化高难为仿真、将分散作综合”的理念开发的虚拟仿真教学项目，该实验项目的主要特色有：

1) 化工生产操作系统化：以合成氨生产过程为线索，把化工生产中的典型操作单元，如流体输送、反应、精馏、抽真空、加热、冷却、冷凝、蒸发等整合系统化，训练了学生的生产实践能力，系统分析和处理生产故障的能力。

2) 长时程实验短时化：若干个单元操作实训，需要准备时间和等待时间，耗时长，且独立实验很难“窥得全豹”，综合利用现代计算机技术、仿真技术等，开发虚拟仿真实验项目，可实现“分层次、多模块、系统化”的实践教学体系。

3) 危险性实验安全化：合成氨实物装置拥有强电、高温、动力装备等，操作不当容易造成高危事件，本着关爱学生突出学生在课堂的主体地位，以仿真技术呈现可操作性的模拟实验。既可消除危险隐患，还实现了虚拟仿真内容与原有真实验教学项目互补融合。

4) 生产数据集成可视化：合成氨生产过程中工艺与产品的数据在中间各个环节直观显示性较差，运用基于高精度数学模型开发的虚拟仿真实验，每一环节工艺和产品的数据均可及时显示。在实现生产过程全流程可视的基础上，提高学生整合系统的全局思维能力。

## (2) 教学方法创新

本实验采用“研讨-互动”式实验教学方法。传统模式的“授课式”教学法是“以教师为中心，以知识为本位”，学生被动的接受知识，“研讨-互动”式教学法突出“以学生为中心，以能力为本位”的理念，适应了高等教育改革与发展的要求，为应用型大学培养学习型、创新型和实践型的高素质、综合型人才，取得良好的效果。

与传统的教学模式相比，“研讨-互动”式教学是教师通过启发式的设立问题情景或者针对学生自发提出的问题情景，学生在教师的不断帮助和指导下，通过师生、生生间的沟通、讨论等方式来解决问题。互动性表现在学生在完成实验任务过程中，需不断的与教师、同学的沟通交流、研讨、资源共享，甚至与教师、同学们相互讨论、争辩，实现相应实验任务的完成，这一过程既提高了沟通能力和协作能力，也促进思辨能力和创造力的培养。

传统的教学模式主要呈现出教师讲、学生被动听的状态，忽视了学生思维的创造性和个性的培养，而学生创新潜能的开发依赖于主体自主性的发挥，研讨式教学过程中，学生参与到相关资料的整理学习、实验方法论证、观点的总结、实验报告的撰写、小组讨论，以及对同学的评议，甚至整个实验教学过程的实践。通过研讨过程的自主学习、自主探究的实践，实现了学生从过去的被动接受向主动型、自主型学习的转变，提高了学习的主动性、积极性和创造性。

### (3) 评价体系创新

本实验教学对学生的考核评价采用形成性评价与终结性评价相结合的形式。形成性评价是在教学过程中进行的，通过提问、研讨来实施。这种评价的目的在于了解学生学习的情况，以便教师及时了解教学过程中取得的成绩和存在的问题，调整或改进教学内容，使实验教学在不断的测评、反馈、调整的过程中趋于完善，最后达到教学目标。终结性评价是实验结束时进行，通过仿真考试和实训报告进行考核，其目的主要是了解学生经过学习后，是否达到教学目标，据此作出终结性评价。传统的教学评价观把完整的教学评价体系简化成单一的“终结性评价”，评价是面向“昨天”的，只是从学生已经掌握知识和技能多少方面去寻找差异，分等排序，所强调的是评价的鉴定、分等作用。因此，它的评价标准单一而刻板，难以科学地检测学生的智慧和才能。体现素质教育理念的评价观则把教学评价体系作为一个统一的整体来加以运用，其中特别重视“形成性评价”，注重学生个体过去和现在的比较，着重于学生成绩和素质的增值，不是简单的分等排序。它承认人与人之间的差异存在，但只是从这些差异的分析中去发掘适合个人发展的教育方法，从而激励学生的学习热情、求知欲望、促进学生快速全面的发展。

### (4) 对传统教学的延伸与拓展:

#### 1) 由“线下”到“线上”

虚拟仿真实训教学项目创新载体，凸显教学中学生的主体地位：考虑学生学习的认知心理特点，创设虚拟现实的游戏情境，把“线下”实训搬到“线上”实训，激发学生的学习兴趣，引导学生自主探究，自我评价。学生在虚拟环境中，按照实际岗位工作过程，自主操作虚拟设备，边操作边学习，践行“做中学”，使学生全面了解和把握岗位工作过程，锻炼了学生的综合技能。

#### 2) 由“只能看，不能动”到“既能看，又能动”。

工科学校虽普遍建立了诸多实习基地，但是规模化工生产的工艺流程复杂、自动化程度高、设备仪器先进，对现场操作人员要求高、需持证上岗，对于学生的顶岗实习或毕业实习几乎无法实现。尤其是近年来对企业安全生产的严格管控，更让学生现场实习的时间与空间受限，要求学生“只能看，不能动”，不准“越雷池一步”，导致学生实践的参与度低、实习效果差。开发虚拟仿真实训项目，让实训过程安全性更好，容错率大大提高了，同学们“既能看，又能动”参与度大大提高了，实习效果更好。

## 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及预计服务人数)

### (1) 项目持续建设与服务计划：

下一步计划将合成氨3D虚拟仿真实训项目与MR技术结合，开创“虚拟教学”的新领域，它是教育高科技体现，也是教育手段现代化、信息化的标志之一。通过建立和描述对象的逻辑或过程的模拟，在一定程度上反应真实世界知识体系，演示出理想的知识图景，它允许学生设计、建造并与虚拟系统动态的进行交流，把虚拟教室看作是一种教育环境，帮助同学对特定的人物和复杂的事件更好的理解。

### (2) 面向高校的教学推广应用计划：

2018年7月，由我校倡议，衢州学院、武夷学院、上饶师范学院、黄山学院四所应用型本科院校正式签约，成立“浙闽赣皖四省边际应用型大学联盟”，其主要目的就是将按照“开放、融通、互利、共赢”的原则，主动加强联盟学院的合作与交流，共同探讨应用型办学模式。此实验教学项目可以现在同盟内院校试点推广，而后向更多的高校推广应用。

(3) 面向社会的推广应用计划：

我校坐落于衢州，多年来秉承“立足衢州，面向浙江，服务地方”的办学定位。通过学校拥有的“浙江省专业技术人员继续教育基地”平台，可以向地方，社会推广连续化生产合成氨 3D 虚拟仿真实训项目。

## 7.知识产权

软件著作权登记情况	
软件著作权登记情	<input checked="" type="checkbox"/> 已登记 <input type="checkbox"/> 未登记
完成软件著作权登记的，需填写以下内容	
软件名称	
是否与项目名称一	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
著作权人	
权利范围	
登记号	

## 8.诚信承诺

本人承诺：所申报的实验教学设计具有原创性，项目所属学校对本实验项目内容（包括但不限于实验软件、操作系统、教学视频、教学课件、辅助参考资料、实验操作手册、实验案例、测验试题、实验报告、答疑、网页宣传图片文字等组成本实验项目的一切资源）享有著作权，保证所申报的项目或其任何一部分均不会侵犯任何第三方的合法权益。

本人已认真填写、检查申报材料，保证内容真实、准确、有效。

实验教学项目负责人（签字）：

年 月 日

## 9.附件材料清单

1.政治审查意见（见附件）

（本校党委须对项目团队成员情况进行审查，并对项目内容的政治导向进行把关，确保项目正确的政治方向、价值取向。须由学校党委盖章。无统一格式要求。）

## 2.校外评价意见（可选提供）

（评价意见作为项目有关学术水平、项目质量、应用效果等某一方面的佐证性材料或补充材料，可由项目应用高校或社会应用机构等出具。评价意见须经相关单位盖章，以1份为宜，不得超过2份。无统一格式要求。）

## 10 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“浙江省虚拟仿真实验教学项目”，学校将严格贯彻省教育厅的要求，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。

主管校领导（签字）：

（学校公章）

年 月 日

附件：

## 衢州学院关于“煤制合成氨 3D 虚拟仿真实训” 等项目政治审查的意见

依据《浙江省教育厅办公室关于开展高等教育“十三五”人才培养项目立项建设工作的通知》（浙教办函〔2019〕316号）文件要求，校党委对浙江省“十三五”高校虚拟仿真实验教学申报项目进行了政治审查。经审查，“煤制合成氨 3D 虚拟仿真实训”等 8 项项目组成员的情况，以及项目内容的政治导向、价值取向等方面均无不良倾向，符合申报要求。

特此说明！

中共衢州学院委员会

2019 年 12 月 13 日

# 《生产实习及工程训练》教学大纲

英文名称: The production practice and engineering training

课程编号: 4110561

周 数: 4 周

学 分: 4

开课部门: 化学与材料工程学院

适用专业: 化学工程与工艺

本课程包括了工程训练、生产实习和虚拟仿真三个部分, 其中工程训练 2 周 (10 天)、生产实习 1 周 (5 天), 虚拟仿真 1 周 (5 天)。

## 第一部分 工程训练

### 一、训练的目的和任务

#### (1) DCS 操作

通过贴近真实生产操作系统的界面, 学生为学习的主体, 反复地进行开车、停车、事故处理训练, 是仪表及自动化与工业生产联系起来的重要环节。它对于学生加深 DCS 控制系统基本原理的理解, 树立工程观点, 培养分析问题和解决问题的能力起着十分重要的作用。

通过化工 DCS 操作实训教学主要达到以下三个目的: 1.熟悉化工各基本设备的开车、运行、停车及事故处理的方法; 2.学习 DCS 控制系统控制化工设备的基本原理和操作方法。3.引导学生建立“工艺流程、工程装置、过程控制”等专业工程概念。

通过学习使学生掌握一定的化工过程控制操作的技巧与技能. 使学生具备一定的对于复杂化工过程动态运行的分析和决策能力, 为学生毕业后尽快适应工作环境提供了良好的技术基础。

#### (2) 摸流程、画实训装置工艺带控制点流程图、化工单元操作

本部分内容是学生在修完一定必要的专业课和专业基础课, 完成生产实习任务后的一个重要的实践性教学环节。利用校内建有的一套较为完整的生产装置, 通过摸流程、画实训装置工艺带控制点流程图、化工单元操作等环节, 使学生具有一定的工程实践知识, 熟练掌握工艺带控制点流程图的绘制, 设备布置的方法以及化工过程控制操作的技巧与技能, 为学生毕业后尽快适应工作环境提供了良好的技术基础。

### 二、工程训练内容及教学基本要求

#### DCS 操作:

#### 1. 裂解系统 3D 应急演练操作

了解裂解系统的工作原理和工艺流程; 理解裂解系统 3D 应急演练操作系统

的开车、运行、停车及事故处理的方法；掌握石油化工事故的处理方法、本单元主要包括分程控制系统等控制系统的操作。

## 2. 液位控制系统操作

了解液位控制系统的工作原理和工艺流程；理解液位控制系统的开车、运行、停车及事故处理的方法；掌握调节器的基本操作技能、本单元主要包括了单回路控制系统、分程控制系统、比值控制系统、串级控制等复杂控制系统的操作。

## 3. 间歇反应釜单元操作

了解间歇反应釜单元的工作原理和工艺流程；理解间歇反应釜的开车、运行、停车及事故处理的方法；掌握联锁保护装置的原理和应用，故障：①超温（压）事故；②搅拌器 M1 停转；③蛇管冷却水阀 V22 卡；④出料管堵塞；⑤测温电阻连线等处理的方法。

## 4. 精馏塔单元操作

了解精馏塔单元的工作原理和工艺流程；精馏塔单元开车、运行、停车及事故处理的方法；掌握精馏塔单元的原理和方法，故障：①热蒸汽压力过高；②热蒸汽压力过低；③冷凝水中断；④停电；⑤回流泵故障；⑥回流控制阀 FC104 阀卡等处理的方法。

**在校内实际生产装置上摸流程、画实训装置工艺带控制点流程图、化工单元操作：**

### 1. 教学内容

(1) 熟悉并掌握常压反应系统、减压反应系统、减压精馏系统、公用工程系统（即导热油电加热器系统、真空系统）4 部分的生产原理及工艺流程；摸清楚工艺流程中有哪些工艺参数要控制及如何来控制；了解管子与管子的连接方式、管子与设备的连接方式，管材、设备的结构及材质；了解设备及仪表的位号、管段号等；了解阀门的种类及应用。

(2) 画实训装置工艺带控制点流程图，要求在图上标出所有设备位号、仪表位号、管道编号(包括管径、物料代号、材质代号和保温保冷代号等)和管线(包含主、辅物料管线，抽真空管线、冷却水管线、导热油管线以及管线上所有的阀门类型、异径管、法兰、流量计、温度计、压力计、液位计等)。

(3) 熟悉和掌握每个岗位的操作步骤和要求，能根据 DCS 画面找到现场的控制点、管道以及设备上的阀门等。熟练掌握每个岗位的操作方法。

具体的操作：

- (1) 常压反应系统中原料输送及进料速率控制；
- (2) 真空系统的开停车及真空度的控制；
- (3) 电加热器系统的开停车及系统温度的控制；
- (4) 精馏塔回流比的调节。

### 2. 基本要求

(1) 掌握化工厂工艺流程设计的工作程序和内容，了解其中的具体内容，并能顺利进行工艺流程文件的绘制。

(2) 理解工艺设备布置图的概念，包括平面图和立面图；掌握绘制设备布置图的方法。

(3) 了解化工单元操作的基本过程和特点，熟练掌握简单化工单元的操作及常规问题的处理方法。

### 三、工程训练安排

表 1 工程训练安排

序号	主要内容		时间安排 (天数)	场所
1	DCS 操作	裂解系统 3D 应急演练操作	1	DCS 实验中心
2		液位控制系统操作	1	DCS 实验中心
3		间歇反应釜单元操作	1	DCS 实验中心
4		精馏塔单元操作	1	DCS 实验中心
1	生产装 置训练	摸流程	4 天	DCS 实验中心
2		设备布置	1 天	DCS 实验中心
3		化工单元操作	1 天	DCS 实验中心
合计			10 天	

## 第二部分 生产实习

### 一、实习的目的和任务

生产实习是在学生学完本专业主要基础课程的基础上，转入专业课和专业基础课学习阶段的一个重要的实践性教学环节。通过实习，应使学生达到树立劳动观念、集体观念、现代化生产和管理观念以及社会主义市场经济观念等素质要求，了解现代化生产组织、技术管理机制和先进的生产技术，获取实际生产知识和技能。为学习后续专业课程打下良好基础。

### 二、实习内容及教学基本要求

1. 了解实习工厂的概貌（主、副产品及用途、生产规模、特点和经济效益等）。
2. 掌握实习车间的主要原料和主、副产品和物化性质。
3. 掌握实习车间（工段）的生产路线，各单元操作过程的基本工作原理和主、副反应过程。
4. 掌握从原料到产品带控制点的生产工艺流程及工作原理。
5. 掌握主要设备的结构、性能、工作原理和特点（换热器、反应器、精馏

塔、聚合釜、泵和压缩机等)。

6. 了解生产过程的数字化、信息化、自动化系统和新技术。

### 三、实习安排

1. 请工厂领导和工程技术人员作专题技术讲座(工厂概貌及入厂教育, 安全生产规程、工艺介绍等)

2. 深入生产第一线直接观察学习生产工艺流程、设备、仪表及控制系统。

3. 岗位跟班生产劳动、学习掌握实际操作技能和知识。

4. 认真阅读生产车间的技术操作规程和相关的技术资料。

5. 指导教师作技术性辅导报告。

表2 生产实习安排

序号	实习主要内容	时间安排 (天数)	场所
1	请工厂领导和工程技术人员作专题技术讲座(工厂概貌及入厂教育, 安全生产规程、工艺介绍等)	1天	教室
2	深入生产第一线直接观察学习生产工艺流程、设备、仪表及控制系统, 岗位跟班生产劳动、学习掌握实际操作技能和知识。	4天	生产车间
合计		5天	

## 第三部分 虚拟仿真

### 一、虚拟仿真的目的和任务

虚拟仿真是工程训练以及生产实习的新一模式, 通过在计算机上模拟 3D 场景, 让学生进行对操作的熟练, 原理的深入理解以及对设备的剖析。

### 二、虚拟仿真内容及教学基本要求

1. 熟练掌握虚拟仿真系统的操作;
2. 熟练掌握化工产品生产的基本原理;
3. 熟练掌握化工生产的工艺流程和操作;
4. 理解化工生产中的典型设备和结构;
5. 了解生产及设备布局特点, 培养安全生产意识
6. 丰富、完善实践教学资源和网络共享平台。

### 三、虚拟仿真安排

1. 教师对虚拟仿真平台进行介绍, 对基本操作进行讲解;
2. 教师根据预习情况对基本知识点(原理、工艺流程以及设备等)进行重

点讲解；

3. 学生自主进行虚拟仿真操作联系以及相应知识点的学习。

表 3 虚拟仿真安排

序号	实习主要内容	时间安排 (天数)	场所
1	化工单元操作仿真	2 天	实训中心
2	化工生产过程虚拟仿真	3 天	实训中心
合计		5 天	

#### 四、考核方法与成绩评定

本课程的考核内容、考核方法支撑课程目标的关系矩阵如表 4 所示：

表 4 课程目标与考核内容和方式关系矩阵

课程目标	考核内容	考核方式
实习现场表现	认真听课，做好现场笔记。乐于沟通，主动思考和讨论，向指导教师提问，虚心求教并能获得问题答案。	指导教师依据现场表现评价
仿真实验	对工艺和设备的仿真模拟。	上机考试
实训报告	根据实训内容撰写实训报告，简述实训收获和实训体会	报告

实训成绩= 平时成绩（20%）+考试成绩（50%）+实验报告（30%）

实习考核的总评成绩采用五级分制：优秀（90 分以上）、良好（80-89 分）、中等（70-79 分）、及格（60-69 分）、不及格（60 分以下）。

表 5 评分标准

考核内容	100 分	80 分	60 分	<60 分
实习现场表现 权重 20%	态度积极, 遵守纪律, 出勤满。	听从实习安排和管理, 遵守纪律。	遵守纪律, 有迟到早退现象,	实训有缺勤或迟到、不听从实训安排和管理, 有违反纪律情况
仿真实验 权重 50%	高质量完成实训内容和要求。	较好地完成实训内容和要求。	实训内容和要求基本达到要求。	实训内容和要求达不到要求。
实训报告 权重 30%	实习记录和实习报告齐全, 内容质量高, 书写认真, 格式规范, 有分析讨论和创新见解。	实习记录和实习报告齐全, 格式规范, 实习思考题回答正确。	实习记录和实习报告齐全, 实习问题回答基本正确。	实习记录和实习报告缺失, 无实习思考题解答。

## 五、指导教材和参考资料

### 指导教材:

姚方等主编, 《化工单元操作实训教材》, 江西科学技术出版社, 2011 年版

### 参考资料:

周莉萍, 化学工业职业技能鉴定指导中心编, 化学工业出版社, 2010 年版

执笔人: 雷宏 冯晓亮 周文军

审阅人: 姚方

审定人: 郑启富