

## “过程全面精准”考核在化工原理实验课程中改革与探索

杨翠平<sup>1</sup>, 丁慧萍<sup>1</sup>, 侯进鹏<sup>1</sup>, 李恺<sup>2</sup>, 田维亮<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>塔里木大学化学化工学院, 新疆阿拉尔 843300

<sup>2</sup>郑州大学化学学院, 郑州 450001

**摘要:** 针对化工原理实验教学考核方式单一和学生学习兴趣低等难题, 在教学中引入虚拟仿真和“互联网+”技术, 构建全新“线上线下混合式”教学模式, 实行闯关式学习方式, 将教学大纲考核点细化, 分步骤给分, 部分实验实行分类教学, 根据权重赋分, 形成全面考核体系。线下实验实行线上控制给分, 实验过程中学生可以随时查看成绩, 调整学习状态。建立网络机器人答疑平台, 在线答疑, 真正实现全过程教学, 提高化工原理实验教学质量, 助力于中国高等教育的创新改革。

**关键词:** 化工原理实验; 虚拟仿真; “过程全面精准”考核

**中图分类号:** G64; O6

## Reform and Exploration of “Comprehensive and Precise Process” Assessment in Chemical Engineering Principle Experimental Course

Cuiping Yang<sup>1</sup>, Huiping Ding<sup>1</sup>, Jinpeng Hou<sup>1</sup>, Kai Li<sup>2</sup>, Weiliang Tian<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> School of Chemistry and Chemical Engineering, Tarim University, Alar 843300, Xinjiang Uygur Autonomous Region, China.

<sup>2</sup> College of Chemistry, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China.

**Abstract:** In response to challenges such as homogeneity of assessment methods and low student engagement in current Chemical Engineering Principle Experimental Course teaching, this study introduces virtual simulation and “Internet +” technologies into the curriculum. A novel “blended online-offline” teaching model has been constructed, implementing a level-based learning approach. The syllabus assessment points are meticulously detailed and scores are allocated step-by-step. A differentiated teaching approach is applied to certain experiments with scoring based on weight, forming a comprehensive assessment system. For the offline experiments, online control of scoring is employed, allowing students to view their grades at any time and adjust their learning status accordingly. Furthermore, an online robot Q&A platform has been established to facilitate real-time problem-solving, thereby realizing full-process teaching. This enhances the quality of Chemical Engineering Principle Experimental Course teaching, and contributes to the innovative reform of higher education in China.

**Key Words:** Chemical engineering principle experiment; Virtual simulation; “Comprehensive and precise process” assessment

《教育部办公厅关于公布首批“新工科”研究与实践项目的通知》中提出: 开展“新工科”建设是教育部深入学习贯彻习近平新时代中国特色社会主义思想 and 党的十九大精神, 写好高等教育

收稿: 2023-09-22; 录用: 2023-11-07; 网络发表: 2023-11-22

\*通讯作者, Email: twllong@126.com

基金资助: 校级教学团队(TDJXTD2210); 化工原理(TDYLKC202309); 协同育人项目(220906655022032)

“奋进之笔”，打好提升质量、推进公平、创新人才培养机制攻坚战的重要举措。新工科的建设是我国工程教育改革的新方向，对传统工科专业进行改革创新是新工科建设的任务之一。所谓新工科，“新”是价值取向，“工科”指的是工程类学科。新工科专业，主要指针对新兴产业的专业，以互联网和工业智能为核心，包括虚拟现实、云计算、智能科学与技术等相关工科专业<sup>[1,2]</sup>。新工科以立德树人为方向，以应对变化、塑造未来为理念，旨在培养具有工程理念、实践能力的创新型工程人才。在新工科背景下，对传统工程专业进行升级改造具有重要的意义<sup>[3-5]</sup>。

《化工原理实验》是化工原理理论课程的配套实验课程，是将化工原理理论知识应用于操作实践的重要平台，更是化工技术人才的基本技能课，旨在帮助学生巩固理论知识、培养动手能力、提升分析和处理实际工程问题的能力<sup>[6-8]</sup>。化工原理实验教学效果的好坏直接影响化学工程专业学生在未来实际生产中的技术水平，对培养实践型、创新型、应用型高级工程技术人才起着至关重要的作用。

## 1 化工原理实验教学现状

### 1.1 学情分析

传统的化工原理实验教学一般包括课前预习、课堂讲授、实验操作、课后实验报告书写等几个流程。在如今信息化全面普及的时代，如果单纯依靠这种相对传统的教学模式可能在一定范围内或程度上无法满足学生高效、灵活的学习需求。

由于缺乏较为完善的监督体系，很多学生做不到主动去提前预习实验，因而大部分学生对实验内容不熟悉，是依靠课堂上老师的当堂讲授才了解实验目的、实验原理、实验方法等，导致在实验过程中学生不能完全理解并吸收本节课的实验内容，仅仅是按照老师的演示操作顺序进行操作，总是知其然而不知其所以然。学生始终处于被动接收知识的状态，难以主动发现问题、分析问题、解决问题，达不到化工原理实验教学的目标<sup>[9]</sup>。

### 1.2 考核现状

目前，国内很多高校中的化工原理实验课程考核方式大都是考勤+平时成绩+实验报告，区别只在于各项所占比值不同。这种考核方式虽然避免了仅以期末考试为终结性考核的缺陷，但仍存在一些不足：一是在实际的操作过程中，因为学生众多，任课老师无法同时掌握每一个学生的课堂表现而打出合理公平的平时成绩，存在一定的主观性；二是学生通常重实验报告轻平时，在实验进行中，学生有时候会走过场、参与度不高、数据作假；三是实验报告不能如实地反映出学生对实验的思考能力与解决问题的能力。因为很多学生抄袭同组学生的实验报告，导致数据雷同。也有一些学生的实验报告没有计算过程，教师只能根据其实验报告的整齐度与完整度打分，不能真正了解学生对实验内容的掌握情况<sup>[10]</sup>。考核机制的不完善，不利于全面考查学生的综合实验素质，很大程度上影响了学生做实验的热情以及深入思考的积极性，使教学效果大打折扣。

## 2 “过程全面精准”考核体系构建的必要性

化工原理实验教学中的任一环节都会直接或间接影响教学的质量，只有确保每个环节的质量，才能保证整个课程的教学效果，才能培养出“知其然并知其所以然”的人才。“高教四十条”中指出要加强对课程的过程考核管理，通过设计科学合理的过程考核机制，促进课堂教学质量提升<sup>[11]</sup>。因此，对化工原理实验教学各阶段进行量化，制定“过程全面精准”考核体系势在必行。“过程全面精准”的核心是采用过程性的考核体系，对整个实验教学过程的各个环节赋予相应的权重，将预习、操作、考试等各步都作为成绩的一部分进行考核，精准反映教学过程中的重难点以及学生学习盲点。基于以上分析，“过程全面精准”考核体系必须先明确实验课程考核的基本内容和要求，在此基础上对各教学环节的特点进行分析，通过各环节的合理协同作用建立统一的过程精准考核体系，准确反映学生在各教学环节中的表现和能力，改变学生重理论轻实践的学习态度，提高化工原理实验

教学的质量。

### 3 “过程全面精准”考核的主要内容

基于以上思路,笔者所在的塔里木大学化学化工学院虚拟仿真教学团队与郑州大学国家级化学虚拟仿真实验教学中心合作,结合课程大纲要求及一线教学经验,创新设计出“过程全面精准”考核体系。利用虚拟仿真平台,采用线上线下有机结合的实验教学方法以及“闯关式”的学习模式,坚持“虚实结合,能实不虚”的原则<sup>[12-16]</sup>,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,给每个学生建立学习账号,在线统计学生虚拟仿真实验中出现的问題,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,全程记录学生学习轨迹,建立学习档案,达成“过程全面精准”考核目的。《化工原理实验》课程创建模块化闯关式教学模式,不通过可以再学,直至通关课程,真正实现了以学生为中心的教学理念。

课程建设思路如图1所示。

《化工原理实验》中流形观测实验、离心泵特性曲线测定、流体阻力损失的测定、恒压过滤实验、列管换热器实验、气体吸收实验、精馏实验、干燥特性曲线测定实验等均采用了此教学模式。

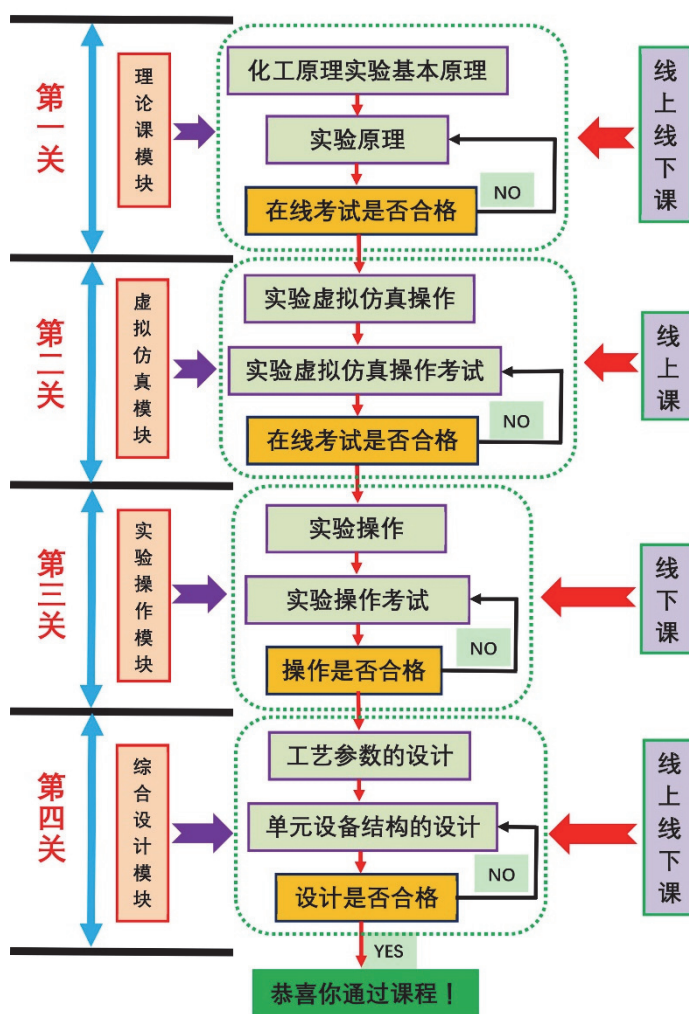


图1 教学模块递进式四层次结构与七个教学模块闯关式学习模式

根据大纲要求共设置48课时，各模块教学课时分配如下：(1) 理论课模块分线上线下课程，共4课时；(2) 虚拟仿真模块共设置12课时；(3) 实验操作模块共设置26课时(共8个实验项目，课时分配如表1所示)；(4) 综合设计模块共设置6课时。

表1 各线下实验项目课时数分配

实验项目	课时数
流形观测实验	3
离心泵特性曲线测定	3
流体阻力损失的测定	3
恒压过滤实验	4
列管换热器实验	3
气体吸收实验	3
精馏实验	4
干燥特性曲线测定实验	3

以上设计思路已经全部通过“互联网+”技术转化为实际教学平台<sup>[17]</sup>。结构框架如图2所示。



图2 《化工原理实验》课程门户网站和课程设置模块图

教学方式以讲授式理论授课、线上仿真操作、问题探究式实验操作等闯关式的教学模式进行。每个实验项目的考核包括平时考勤成绩、线上虚拟仿真操作成绩、线下实验操作成绩。其中，线上虚拟仿真操作成绩分为线上理论课成绩、虚拟仿真操作成绩，线下实验操作成绩分为线下操作成绩和实验报告成绩。利用线上线下互动式的混合式教学，学生在学习过程中，按照从易到难，从认知到体验的过程，循序渐进，对课程中的每一个实验项目采用“通关式”的学习模式，学生只有完成上一关的学习并达到及格分数，才可以进入下一关的学习。线上学习过程中每一关的学习都会留下学习日志，方便学生查漏补缺。实验教学中过程化考核各部分成绩占比如表2所示。

表2 实验教学中过程化考核各部分成绩占比

章节	原始得分	折算系数	折算得分
一、第一模块：基本理论/安全【成绩占比：4%】			
1.1 化工原理实验基本理论题库			
1.1.1 化工原理实验基本理论题库		0.02	
1.2 化工原理实验理论考试			
1.2.1 化工原理理论考试		0.015	
1.3 实验室安全3D虚拟仿真			
1.3.1 化工原理实验室安全软件		0.005	
二、第二模块：课程思政【成绩占比：1%】			
2.1 课程思政习题		0.01	
三、第三模块：虚拟仿真实验【成绩占比：30%】			
3.1 实验教学视频			
3.2 流体过程综合实验软件			
3.2.1 光滑管阻力测定实验		0.015	
.....		.....	
四、第四模块：线下实验教学【成绩占比：45%】			
4.1 实验教学视频			
4.2 实验报告			
4.2.1 流体流动形态及临界雷诺数的测定实验			
4.2.1.1 出勤与表现		0.004	
4.2.1.2 实验操作		0.008	
4.2.1.3 流体流动形态及临界雷诺数的测定实验报告		0.008	
.....			
五、第五模块：综合设计实验【成绩占比：20%】			
折算比例：初级课程90%，初级课程95%，初级课程100%			

### 3.1 平时考勤

本项目将平时成绩纳入到实际上课过程中，将学生平时每一步操作计入平时成绩，按照比例折合进总分，体现过程考核。

### 3.2 线上虚拟仿真操作

#### 3.2.1 线上理论课

课前自主学习是实验类课程高效进行的关键，学生自主学习的效果直接关系到课堂教学活动的有效展开。化工原理实验因为仪器、仪表、元器件复杂、操作复杂，在实验开始之前进行有效预习是很有必要的。但是，一直以来，由于没有实物设备参照，教材阅读就是主要的预习方式，学生往往对内容一知半解，导致预习效果不好。因此，为保证学生的课前预习质量，本模块将练与考相结合，以三维虚拟场景呈现较为真实的操作环境，可进行认知设备、模拟实验、考核实验，具备自动评分功能，使学生能够在课前进行预习，达到对设备的认知与操作。

根据课程大纲要求，将涉及化工原理实验的基本理论知识纳入考核知识点，建立了化工原理实验基本理论题库。试题库题目难度等级分为1-5，难度逐渐增大，题型包括单选题、判断题等。学生可以利用此题库完成实验课前的预习，复习和巩固理论知识，解决学生因学习主观能动性不足而预习效果差的问题，大大提高学生的学习兴趣和预习效果，促进学生对课堂知识的吸收。

学生在练习过程中，页面会实时显示作答情况，包括本题是否正确、答题进度、正确率等信

息，并且学生还可以随时查看解析。这些反馈信息对学生学习和教师教学的及时调整有很大帮助，教师可以随时了解学生对该课程知识体系的掌握情况并反思自己教学方法的合理性，真正做到及时反馈及时调整，帮助学生查漏补缺、加深学习印象。

在题库练习之后，学生将进入理论考试。考试是一种重要的教学手段，用来测试学生对知识的掌握程度。传统的课程考试通常是以笔试为主的集中式期终考试，考试形式单一化，评价结果片面性，又有明显的考试节点。学生可能仅在明确的考试时间前进行短期的集中式复习，而忽略了平时的学习表现，导致一定程度上教考脱节。而本课程在教学大纲及前一关的题库基础上合理设置考核内容及要求，学生必须在平时的题库练习中有效学习理论知识，才能在本关获得理想分数。如果考核不合格，学生必须重新训练和考核，直到合格为止，且所有练习及考核分数都按照所占比重列入总成绩。因而，为了获得理想成绩，学生必须重视平时的学习训练，调动了学生的学习积极性及专注性，打破了传统的“一卷定成绩”、“训练不努力，考核前突击”模式，从而达到增加过程考核合理性的目的。

### 3.2.2 虚拟仿真操作

学生在线上理论考核合格之后，即可进入下一关的虚拟仿真操作。

学生可以先选择观看实验演示视频，在观看教学视频熟悉操作流程和方法之后再进入虚拟仿真操作。逼真的画面和实时的数据反馈让学生有操作实体设备的感觉得并观察到相似的实验现象(图3)。在已经搭建好的实验台，学生需要根据评分中的信息提示操作元件。每进行一个操作，系统都会根据评分标准自动判断正误，对应得分或扣分。实验操作的数据也可以在线处理，具有及时反馈机制，有利于了解不足，进行二次学习，健全成绩考核和评价指标。



图3 传热3D虚拟仿真实验工厂装置图

除了虚拟实验操作中有实验操作得分，实验结束之后仍有理论考试。每一个综合操作实验之后，会有相应的单元习题，学生需要在规定的时间内完成考试，及时对前面的学习做一个摸查测评。如果考试不合格，学生仍要重新学习，继续考试，直至及格才可进入下一关。老师也可以在后台查看学生的各项成绩，便于快速、准确了解学生的学习情况，汇总学生出错率较高的题目，了解学生学习的盲点，做到有的放矢，提高教学效率。

## 3.3 线下实验操作

### 3.3.1 线下操作

本模块是对线上虚拟仿真实验模块的补充。经过仿真实验演练，学生已经提前熟悉单元操作设备的构造和原理，对整个实验的流程有了一定程度的了解，加深了对错误操作和注意事项的理解，因而在课堂上进行操作实验时就可以有条理，对操作的各步骤做到心中有数，有效训练动手能力，减少出错率。教师亦根据线上统计的虚拟仿真实验中的问题，在课堂上进行更加深入的讲解。通过“虚实结合、能实不虚”的教学方式改善学生预习手段单一以及实验教学中实施困难、高危、有毒的单元操作问题，提升实验教学效果，有效实现了线上学习与线下实训、虚拟与现实实验教学之间的良性互动和互相促进。

线下实验过程中，学生要分组进行实验，按照操作规范和要求进行实际操作。教师要在实验室巡视，根据学生是否出勤、实验操作完整度与熟练度、实验报告成绩等给出相应的操作成绩。若成绩不合格，学生仍需要重新进行实验直至及格，避免了单凭每组一份数据记录就代表完成实验的现象，督促学生认真对待实验。

### 3.3.2 实验报告

实验报告是学生已做实验完整的总结与概括，可以展示出实验结果。认真完成实验报告，可以强化学生对于实验目的、实验原理、实验过程的理解和掌握，也可以训练学生的数据处理能力、计算能力及思考能力。

实验结束后，学生可以在线收集分析数据、处理实验结果，并在线生成实验报告。系统可以根据预设的操作评分标准直接评定学生成绩(图4)。如果学生想查看自己的扣分和得分情况，也可以通过得分明细一目了然(图5)。

学生实时查看自己成绩，实验成绩一键打印，通过数据化平台实现了无纸化实验报告，数据保存于云端(图6)。

综合成绩									
选择组织机构		姓名、学号、用户名		查询	打印				
分数范围:	请输入	到	请输入	<input type="radio"/> 按学号先后排序	<input type="radio"/> 按分数高低排序	<input type="radio"/> 不及格及未考试	<input checked="" type="radio"/> 已获得证书	<input type="radio"/> 未获得证书	导出 生成证书
已选择 0项 清空									
#	姓名	账号	备注	机构	得分	证书	操作		
1	李芊权	mj_4131697		塔里木大学	80.29	已获得证书			
2	张兴安	mj_4033749		宁夏大学新华学院	73.37	已获得证书			
3	王文凯	mj_4161085		塔里木大学	92.5	已获得证书			
4	冯志涛	mj_4890439		武汉科技大学 (试用)	65	已获得证书			
5	鹿思远	mj_1326080		2018应用化学(工)2班 (正式)	61.42	已获得证书			
6	王哲	mj_3996862		山东大学 (正式)	89.08	已获得证书			
7	李思远	mj_4405193		信阳农林学院	78.15	已获得证书			

图4 在线显示实时成绩

《化工原理实验》一流课程

《化工原理实验》一流课程

课程评价 4.0 学生随时查看成绩报告

课程答疑

章节列表

一、第一模块：基本理论...  
二、第二模块：课程思政...  
三、第三模块：虚拟仿真...  
四、第四模块：线下实验...  
五、第五模块：综合设计...

我的成绩

学员姓名: (学生账号) 总成绩: 2.02 及格分数: 60 继续学习

实行模块化学习，权重赋分

一、第一模块：基本理论安全【成绩占比：5%】

1.1 化工原理实验基本理论题库

1.1.1 化工原理实验基本理论题库 1 0.02 0.02

1.2 化工原理实验理论考试

1.2.1 化工原理理论考试 0.02

1.3 实验室安全3D虚拟仿真

1.3.1 化工原理实验室安全软件 0.01

二、第二模块：课程思政【成绩占比：2%】

2.1 课程思政习题 100 0.02 2

三、第三模块：虚拟仿真实验【成绩占比：33%】

3.1 实验教学视频

3.10.12 不同压力—减压 0.004

3.10.13 不同压力—减压 0.005

3.10.14 不同压力—减压 0.005

3.10.15 设备参数 0.005

3.10.16 实验物系 0.005

四、第四模块：线下实验教学【成绩占比：50%】

4.1 实验教学视频 每个实验都有教学视频演示和讲解

4.2 实验报告

4.2.1 流体流动形态及临界雷诺数的测定实验

1. 出勤与表现 0.004

2. 实验操作 0.008

3. 流体流动形态及临界雷诺数的测定实验报告 0.008

4.2.2 离心泵特性曲线测定实验

1. 出勤与表现 0.01

2. 实验操作 0.02

3. 离心泵特性曲线测定实验报告 0.02

4.2.3 流体流动阻力的测定实验

图5 成绩在线计算和实时显示

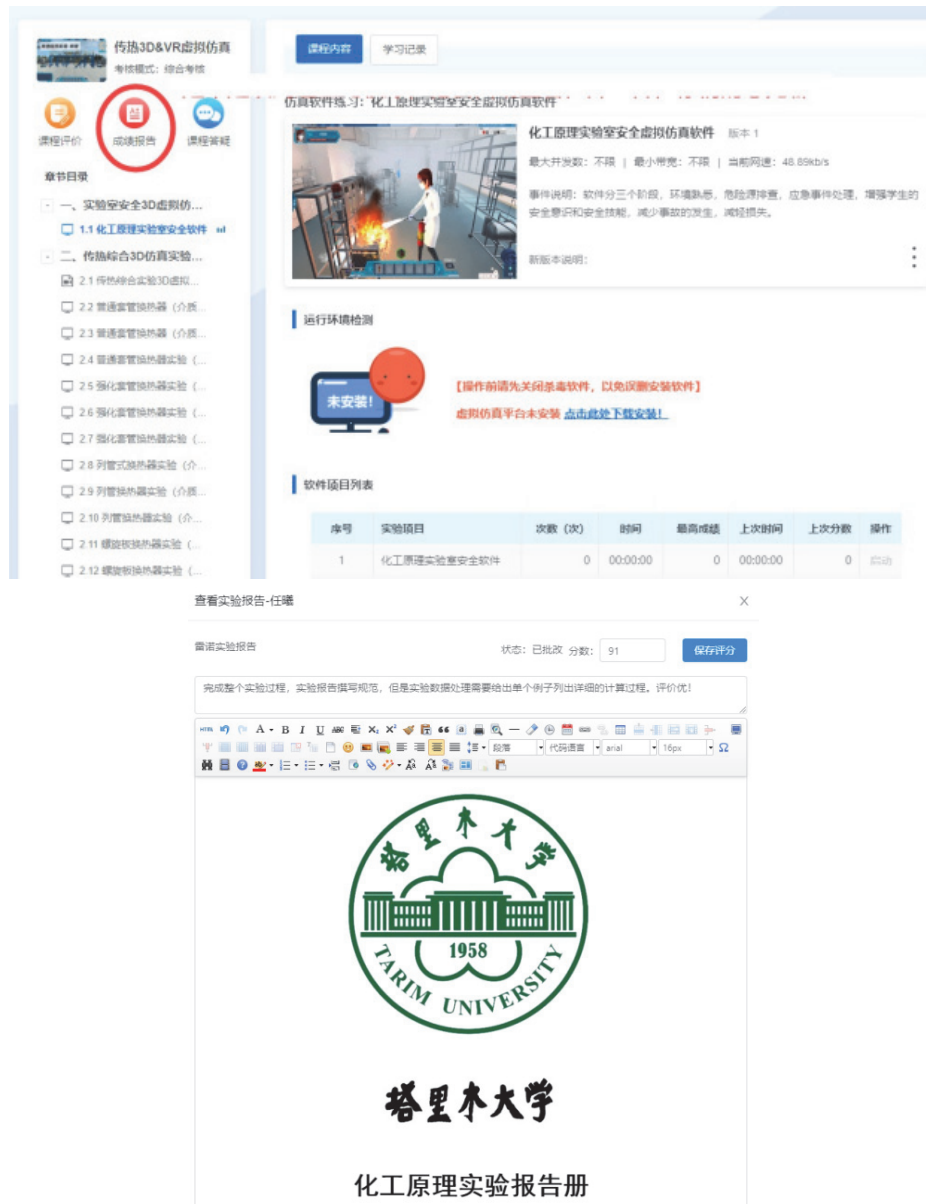


图6 成绩和实验报告一键打印

### 3.4 综合设计

综合设计模块以传热Three Dimensions & Virtual Reality (3D&VR)虚拟仿真综合实验设计为例：该项目是塔里木大学首推在线虚拟仿真实验项目，采用虚拟现实三维仿真模拟技术实时再现工程场景、工程开发遇到的各类问题。流体流动现象、设备拆解动画形象生动，让学生身临其境，零距离体验“化工原理实验”单元操作。如通过对传热虚拟仿真操作，认识套管换热器(普通、强化)、列管换热器的结构及操作方法，掌握对流传热系数的测定方法；通过换热器单元(换热器工厂) 3D虚拟仿真操作和3D安全演练，熟悉实际化工厂换热器操作步骤，以及一些安全事故的应急处理方法；通过管壳式热交换器设计与仿真操作，掌握实际换热器设计的流程和方法；通过换热器拆卸操作，熟悉换热器结构和拆卸与组装方法。实施分类教学，建成初级、中级和高级课程体系，及分层次多步骤的逐级递进式教学方法，创建了模块化的学习模式，部分实验课程实行分类授课(为了体现公平，实行比例赋分制，级别高的成绩基数高)，学生根据自己的能力水平，进行自由选择学习，提高教学

效果。如图7所示。

以传热3D&VR虚拟仿真综合实验初级课程为例说明教学过程(图8)。

### 3.5 建立在线课程答疑和智能机器人，强化师生和生生互动

本课程设置了课程答疑版块，引入智能机器人。学生随时可以在本版块提出自己的疑问，与其他在线的同学和老师交流讨论，实现24小时生生互动与师生互动。如图9所示。

#### 传热3D&VR虚拟仿真综合实验

实验浏览量: 36264 | 做实验人数: 713

该项目是培里木大学首推在线虚拟仿真实验项目，采用虚拟现实三维仿真模拟技术实时再现工程场景、工程开发遇到的各类问题，在您享受3D&VR体验的同时，享有“传热3D&VR虚拟仿真综合实验”中心资源服务。在3D传热实验室中，逼真的流体流动现象、生动的设备拆解动画，让您身临其境，零距离体验化工单元操作以及Aspen模拟计算与优化和AutoCAD结构等综合设计，让您全面掌握传热理论、操作和设计的理念。

《传热3D&VR虚拟仿真综合实验》通过分类教学，分类实验，根据学生的不同层次和不同能力水平，选择适合自己的模块进行实验。分为三个模块：初级实验模块、中级实验模块和高级实验模块，**只需选择一个模块进行实验即可。**

初级实验模块适用人群：适用于基础比较薄弱的同学。

中级实验模块适用人群：适用于理论知识掌握较好的同学。

高级实验模块适用人群：适用于可对理论知识进行延伸和扩展的同学。



申报视频

引导视频

项目简介
申报材料
操作手册
仿真资源

1

实验模块1

**传热3D&VR虚拟仿真综合实验初级课程**

★★★★☆ 4.9

欢迎你选择初级实验模块进行实验。本模块实行闯关式的学习模式。包含以下内容：(1)实验室安全3D虚拟仿真,(2)传热综合3D仿真实验,(3)传热3D工厂仿真实验,(4)换热器拆装,(5)管壳式热交换器设计与仿真,(6)思考题 (3-10道选择题),(7)打印实验报告。祝你顺利通过本实验，提高实验技能和创新能力，学习愉快。

[开始学习](#)

2

实验模块2

**传热3D&VR虚拟仿真综合实验中级课程**

★★★★☆ 4.9

欢迎你选择中级实验模块进行实验。本模块实行闯关式的学习模式。包含以下内容：(1)实验室安全3D虚拟仿真,(2)传热综合3D仿真实验,(3)传热3D工厂仿真实验,(4)换热器拆装,(5)管壳式热交换器设计与仿真,(6)换热器Aspen plus的模拟与计算 (上传实验模拟结果),(7)实验计算结果总结,(8)换热器Auto CAD设备装配图 (上传图纸),(9)思考题 (3-10道选择题),(10)打印实验报告。祝你顺利通过本实验，提高实验技能和创新能力，学习愉快。

[开始学习](#)

3

实验模块3

**传热3D&VR虚拟仿真综合实验高级课程**

★★★★☆ 4.9

欢迎你选择高级实验模块进行实验。本模块实行闯关式的学习模式。包含以下内容：(1)实验室安全3D虚拟仿真,(2)传热综合3D仿真实验,(3)传热3D工厂仿真实验,(4)常减压装置3D虚拟仿真,(5)换热器拆装,(6)管壳式热交换器设计与仿真,(7)换热器Aspen plus的模拟与计算 (上传实验模拟结果),(8)实验计算结果总结,(9)换热器Auto CAD设备装配图 (上传图纸),(10)思考题 (3-10道选择题),(11)打印实验报告。祝你顺利通过本实验，提高实验技能和创新能力，学习愉快。

[开始学习](#)

图7 分类授课实例



图8 传热3D&VR虚拟仿真综合实验初级课程教学过程



图9 在线答疑机器人和课程答疑互动平台

#### 4 实施效果

实施“过程全面精准”考核体系后，学生学习“化工原理实验”的积极性和参与度大幅提高，以往实验课上枯燥沉闷的学习氛围有了明显的改善。因为线上提前预习及仿真操作，学生开始在线下课堂上主动提问、积极回答教师提出的问题，增强了师生间的互动；操作的正确率也大大提高，

增强了学生的实验操作能力；线上24小时的在线讨论项目，也让学生对知识的掌握更加牢固。

(1) “过程全面精准”考核是一种循环式的学习模式，各节考核不及格者需要重新学习和练习本节内容直至再次考试及格。这种学习模式使得学生的挂科率实现了“0”突破，学生可以针对做错的知识进行重点复习、重复仿真操作来加深理解。除了理论知识掌握全面外，学生在不断地仿真操作中也增强了自己的动手能力，这些能力的提升也激发了学生参与各种化工类竞赛的积极性。近五年来，我校学生参加了各类化工竞赛，包括“全国大学生化工实验大赛”、“全国大学生化工设计大赛”等(历年获奖情况如图10所示)，共获省级及以上奖项67余项，相比于未实行本项目之前，获奖率提高30% (部分获奖证书如图11所示)。

(2) 建成了化工原理实验课程网络云平台，学生对实验教学项目给予了极高的评价。学生评价4.6分(满分5分)，点赞4695次，网站点击浏览量达到6万多，居教育部虚拟仿真实验教学项目前列。目前，该成果已在全国10多个省市进行推广，获得一致好评。且推广到其他专业的课程中去使用，如化工专业实验、物理化学实验、化工生产实习、仪器分析实验等、使用效果良好。(图12)。

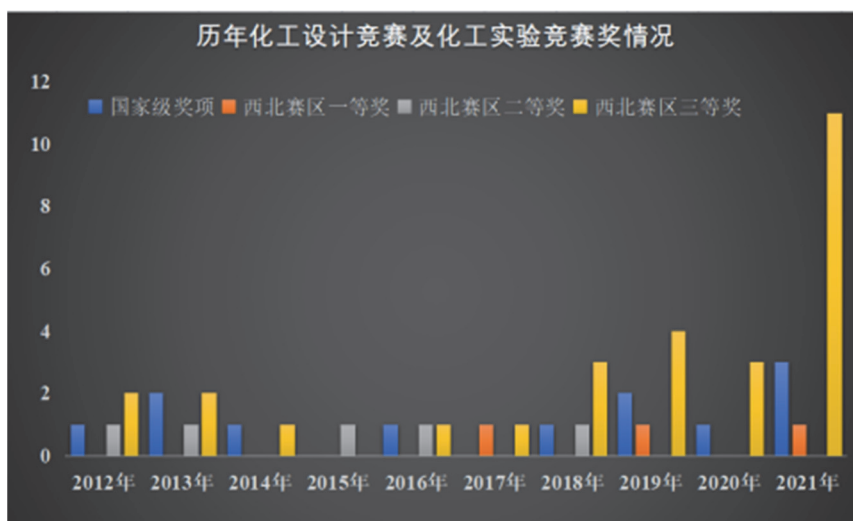


图10 历年化工设计竞赛及化工实验竞赛获奖情况



图11 全国大学生化工实验竞赛学生参赛部分获奖证书



图12 推广到其他课程使用

(3) 《化工原理实验与单元仿真》教材已被印刷5次，已连续被6届学生使用，受益学生达到4千多人次，已被安徽理工大学、徐州工程学院、电子科技大学成都学院、西昌学院、成都师范学院、河西学院、黔南民族师范学院等全国10多所高校使用，效果良好。《化工原理课程设计》教材于2019年12月已出版，现正在推广使用。

(4) 获批国家虚拟仿真实验教学项目，国家一流课程和国家级化工实验虚拟教研室荣誉称号，1人获得省级“教学名师”和“教学能手”荣誉称号，1人入选新疆兵团高等学校优秀青年教师，1人获得校级“教学能手”荣誉称号。

## 5 结语

本项目依托“互联网+”技术，以虚拟仿真技术为平台，实现“线上线下混合式”教学，坚持教学内容和教学目标的各个知识点全部兼顾，实施过程考核评价，改变传统的线下实验报告考核模式，所有的理论考试、测评和实验报告等内容，全部在网上进行，实现了无纸化实验报告，全面改革了实践教学方式，进入云教学时代。将出勤和课堂表现与实验操作分开计分评价，实行权重给分制，区分重难点，进一步细化了评价标准和考核体系。整个体系的建立，有利于建设可跨校区、跨校园、跨国远程互动的网络云教室，将教与学的思维碰撞延伸至课外。利用“互联网+”技术，将课程思政元素引入在线教学与评价，强化工程理念和工作伦理教育，实现课程核心价值观引领作用。构建的“线上线下混合式”教学方式真正克服了目前化学化工类实验教学考核难题，创新了教学方法，助力中国高等教育改革。

## 参 考 文 献

- [1] 教育部办公厅关于公布首批“新工科”研究与实践项目的通知. [2023-09-20]. [http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/s7056/201803/t20180329\\_331767.html](http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/s7056/201803/t20180329_331767.html)
- [2] 教育部高等教育司关于开展新工科研究与实践的通知. [2023-09-20]. [http://www.moe.gov.cn/s78/A08/tongzhi/201702/t20170223\\_297158.html](http://www.moe.gov.cn/s78/A08/tongzhi/201702/t20170223_297158.html)
- [3] 贾蓉, 段景山, 何翔, 杨建军, 李龙江. 实验室研究与探索, 2022, 41 (11), 170.

- [4] 姜喜迪, 仲淑娟, 杜莉莉. 实验室研究与探索, **2022**, *41* (6), 173.
- [5] 高波, 霍凯, 陈羽, 陈亚琼, 陈宇飞. 实验室研究与探索, **2022**, *41* (6), 178.
- [6] 王成云, 张文清, 朱为宏. 大学化学, **2020**, *35* (10), 65.
- [7] 姚忠平, 宋英, 范瑞清, 吴晓宏. 大学化学, **2022**, *37* (4), 2107099.
- [8] 杨仲年, 许兰娟, 张丽娟. 大学化学, **2021**, *36* (5), 2012008.
- [9] 赵蕾, 朱婷玉, 周爱东. 大学化学, **2020**, *35* (5), 244.
- [10] 曹占芳. 广州化工, **2018**, *46* (5), 131.
- [11] 李海琴, 薛亮, 东婉莹, 杨洋. 大学化学, **2022**, *37* (7), 2109095.
- [12] 丁园, 徐启, 计龙龙, 易辉, 俞辉, 薄翠梅. 实验室研究与探索, **2022**, *41* (11), 119.
- [13] 李燕, 金卫健, 周峡. 实验室研究与探索, **2022**, *41* (7), 272.
- [14] 王彬, 秦川丽, 刘一夫, 孙少平. 大学化学, **2022**, *37* (2), 2109086.
- [15] 杜静, 赵温涛, 冯霞, 马晓飞. 大学化学, **2021**, *36* (1), 2005078.
- [16] 章建东, 吴莹, 严吉林, 姚英明, 赵蓓, 姚建林. 大学化学, **2022**, *37* (2), 2107050.
- [17] 课程网址. [2023-11-21]. <http://www.oberyun.com/tlmdx/shenbao/hgylsyylkc>