
案例 7 深化合作、共同开发、课赛结合、不断深入的化工 远程智慧实验设计开发

1 化工远程智慧实验基本概况

实验是大学理工科教育的一个重要环节，很多课程都是以实验为基础，对于化工这类实践性较强的课程，实验对于培养学生的实践操作能力和解决问题的能力更为至关重要。传统的实验方式，学生必须到实验室，在空间上存在较大的局限性。近年来，随着高校学生数量的增加，一些（尤其是落后地区）高校的师资力量、实验设备仪器和教学场地等相应的配套又很难跟上发展的要求，学生只能分批、分时使用有限的实验设备。而 2020 年以来的疫情也使得很多学校的现场实验无法展开，这就对实验的方式方法提出了新的要求。

“化工单元操作实验”是化工类学生的必修课，其用到的实验设备规模较大，成本也比较高，因此也限制了设备数量不能满足学生每人一台的要求。如何使学生既能得到身临其境的实验训练，又能节约建设费用，这是迫切需要解决的问题。

为了解决这个问题，天津大学以天津大学化工基础实验中心的实验装置为依托，北京欧倍尔软件技术开发有限公司提供技术支持，联合共同体的天津科技大学、辽宁石油化工大学、贵州大学和中北大学测试，共同研发和建设了化工远程智慧实验，为天津大学和共同体内的化工类学生提供实验教学服务，并将远程智慧实验进一步用于 2022 年第五届全国大学生化工实验大赛和 2022 年第四届全国食品专业工

程实践训练综合能力竞赛，取得了较好的应用效果和优秀的示范效果。

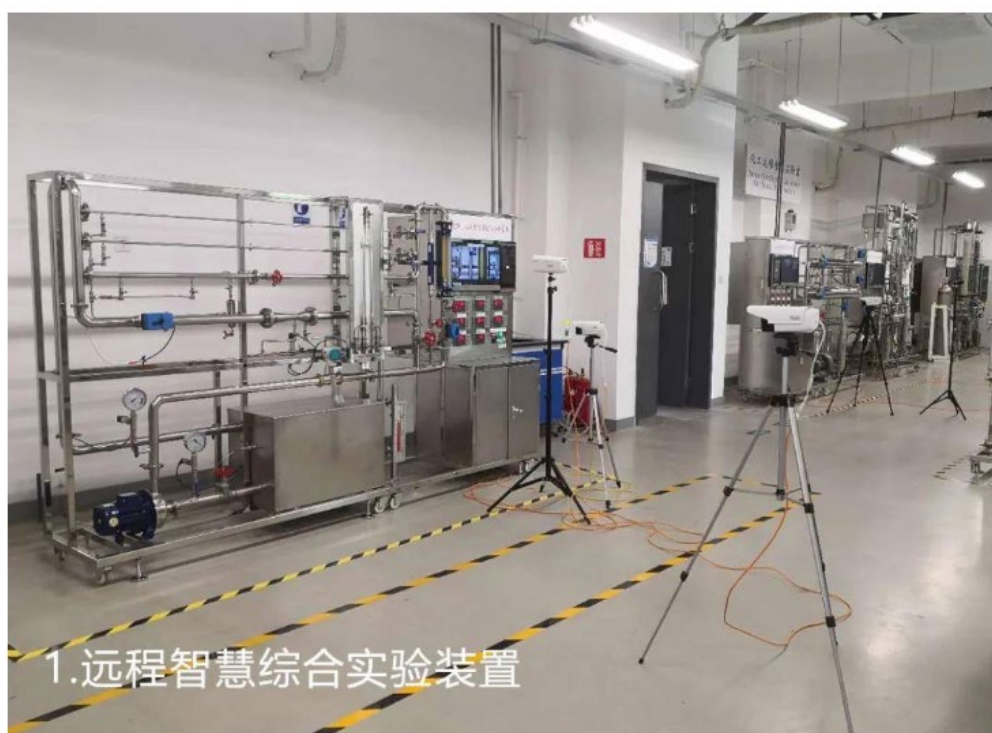


图 1 化工远程智慧实验室

2. 化工远程智慧实验的内容

化工远程智慧实验包括流体流动过程、化工传热、精馏和吸收解吸等 4 个远程化工单元操作实验，能够满足不同层次和需求的化工类学生的化工单元操作实践教学的需求。

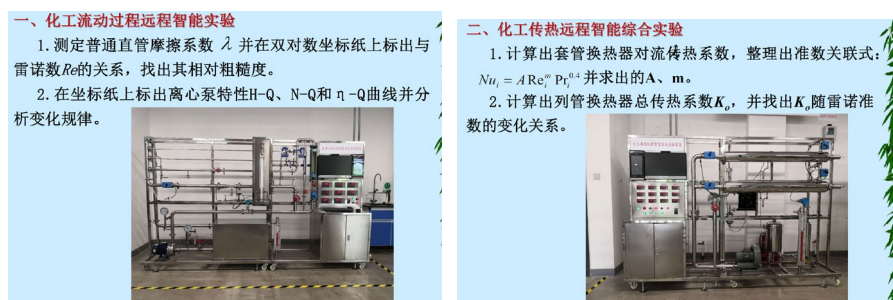


图 2 流体流动和传热远程实验装置

在智慧实验室中，教师在網上学习平台准备了教学相关的视频、教学课件和虚拟仿真软件，还有相关自测题目。学生通过线上预习，学习相关理论知识和实验操作方法，熟悉实验设备和相关实验室安全规范，在完成测试评估后在线上自主预约实验。

在实验过程中，在建立实验小组后，实验人员通过互联网远程操控异地实验设备。。实验过程中参加实验的同学还通过腾讯会议和实验现场的指导教师以及同组实验的其他同学进行即时信息交流，具有很强的现场感，学生可得到实验方面的知识和技能的训练。

在智慧实验室中，在分好组后，学生自主选择远程操作实验设备，在预约时间进入实验室通过人脸识别功能或远程密码远程开启实验设备进行实地实验操作。远端的学生在网上通过视频和组态操作界面操控现场真实设备、改变操作条件，同时获取服务器提供的设备运转视频图像、在线测量数据以及在线实验结果。实验过程中参加实验的同学还通过腾讯会议和实验现场的指导教师以及同组实验的其他同学进行即时信息交流，具有很强的现场感，学生可得到实验方面的知识和技能的训练。指导教师也通过现场监控实验设备状态和操作过程，远程连线对学生的操作进行指导。学生在完成实验后，在线提交实验

报告。

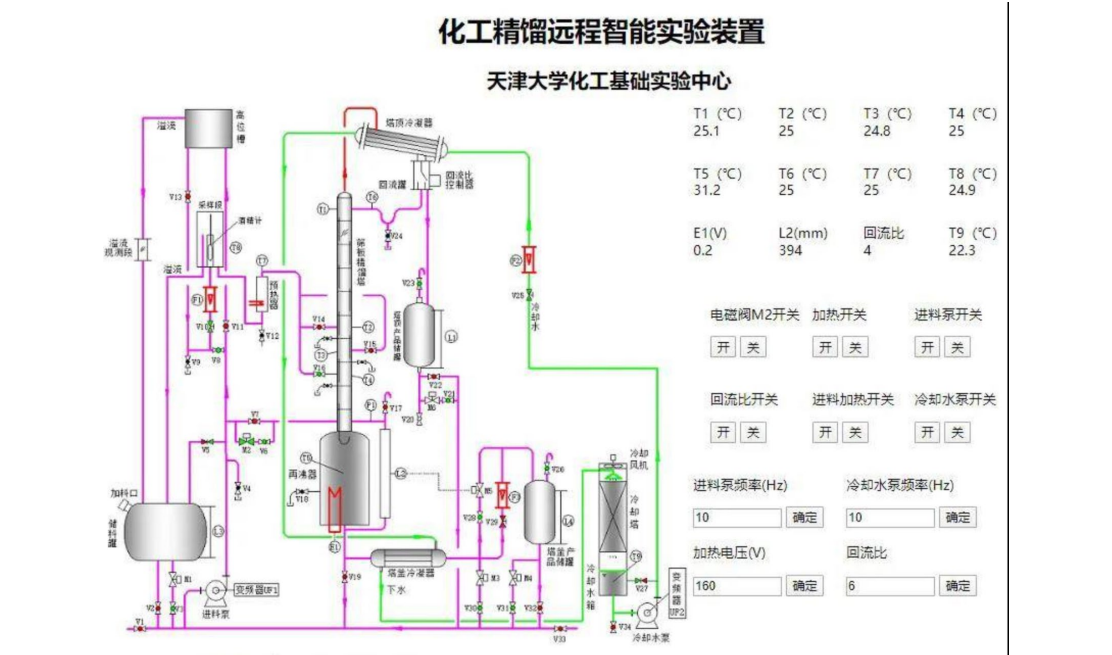


图 3 精馏远程实验参数界面



图 4 流体流动设备实时显示画面



图 5 学生在家中实验

3. 化工远程智慧实验的开发与应用路线

1. 建立远程实验概念，确定实验任务要求及开发任务。为了克服实验空间上的限制，尤其是疫情期间，学生无法返校，采用虚拟仿真实验可以解决学生实践教学的基本需求，但为了提升实验教学的真实度和体验感，共同体项目工作组初步确立要建设能操作真实装置的实验方式。为此，项目工作组集中研讨，确定实验项目、实验教学内容和初步实验操作方案，为设备设计定下基调。

2. 在以上问题确定后就开始实验设备研发，项目技术组与工作组分工合作，分为网络技术及实验设备两个部分，分别进行项目建设，并保持顺畅沟通，实现边建设、边调试，确定实验操作的基本步骤和网络基本操作流程。

3. 在设备研发工作基本完成后，共同体项目技术组和工作组联合编写实验操作手册和相关技术文件，发送给项目团队所有成员进行审阅，并开展项目的内部调试和远程实验工作，在工作中发挥共同体优势，由不同高校在不同时间组织学生进行测试，确保项目测试环节顺利进行，同时对网络要求进行细化，对操作流程进行优化。

4. 在完成相关测试工作后，项目技术组根据各校学生人数安排实验时间和选课程序，按照成员各校需求安排实验时间。成员各校组织学生选课，确定实验安排。

5. 实验过程中，技术组全程在线，对在使用中出现的问题进行及时解决，各校成员工作组教师积极收集学生反馈，并对学生的实验报告出现的问题进行集中研讨。

6. 阶段实验结束后，成员各校提交教学使用报告给秘书处，由专家组进行审核，对教学中出现的问题进行集中研讨。

7. 项目各组对专家组反馈意见进行项目改进。

4. 化工远程智慧实验的应用

4.1 远程智慧实验的教学应用

天津大学经过和共同体团队经过多轮现场调试和远程测试，结合远程操作装置的特点，编写了强实用性的实验指导书和远程实验方案。2020 年疫情以来，在确保实验装置安全可靠的前提下，天津大学已在两个学期中将化工远程智慧实验装置正式投入了化工技术基础实验的教学中，累计实验人时数超过 4000 人时数，在疫情防控期间坚持

了“停课不停学，停课不停教”。

以上模式也应用于了天津科技大学和辽宁石油化工大学的教学
中，后续将在其他成员高校中开展应用。

4.2 远程智慧实验的竞赛应用

在 2022 年的全国大学生化工实验大赛和 2022 年第四届全国食品专业工程实践训练综合能力竞赛中，因为疫情影响，参赛选手无法进入各赛区承办校，为此，项目成员开展了相关工作，也形成了远程实验的竞赛准备应用模式。



图 6 第五届全国大学生化工实验大赛远程智慧实验现场

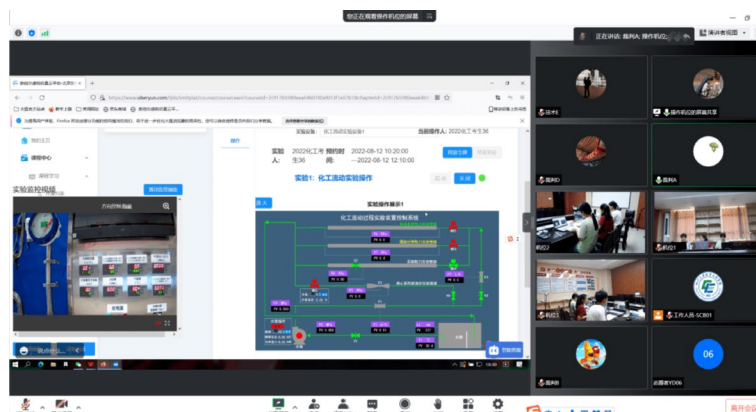


图 7 选手远程智慧实验操作现场

1. 在确定竞赛使用后，项目工作组进行分工与时间表的排定，由

专家组负责远程竞赛草案的初拟，技术组负责网络条件和设备条件的保障，工作组根据竞赛组委会要求在组内选派竞赛裁判。在确定以上任务后，各组围绕自己的任务进行讨论，确定工作方案细节。

2. 在竞赛前由工作组组织项目成员教师进行内部测试，通过在不同地区，不同网络条件的多次测试，确定竞赛实验操作方案和应急预案的内容。

3. 在各赛区的竞赛中，由所在地区成员高校负责现场协调，工作组确定的裁判组在线执裁，专家组成员参与竞赛专家组，并对竞赛中出现的远程实验相关问题进行讨论确定。

4. 在每次赛区竞赛结束后，由工作组收集各工作团队反馈意见，形成改进竞赛方案，交由专家组审核。

5. 在专家组审核后的方案，用于下次其它赛区竞赛中，形成稳定的工作制度，确保方案持续改进。

以上工作在第四届全国食品专业工程实践训练综合能力竞赛的总决赛和第五届全国大学生化工实验大赛的西南赛区、东北赛区、西北赛区、华东赛区、华北赛区和全国总决赛中进行应用，共同体的各成员单位全员参与，共同保障的工作的顺利开展。