

附件 2

2019 年度国家虚拟仿真实验教学项目申报表

学 校 名 称	南宁师范大学
实 验 教 学 项 目 名 称	海洋防污涂料生产及性能检测 虚拟仿真实验
所 属 课 程 名 称	涂料化学与工艺学实验
所 属 专 业 代 码	070301、070302、080407
实验教学项目负责人姓名	肖琦
有 效 链 接 网 址	http://hcxy.gxzc.ownlab.net/virexp/tlgy

教育部高等教育司制

二〇一九年七月

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. 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	肖琦	性别	男	出生年月	1982. 03
学 历	研究生	学位	博士	电 话	0771-3908065
专业技术职务	研究员	行政职务	院长	手 机	18677089658
院 系	化学与材料学院		电子邮箱	qi.xiao@nnnu.edu.cn	
地 址	南宁市明秀东路 175 号		邮 编	530001	
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）。 肖琦，研究员，2011 年至今一直长期从事大学物理化学教学与科研工作，独立承担 3 门本科生理理论课和实验课、4 门研究生理论课和实验课。将科研成果融入教学，并结合学科建设进行教学改革，取得较突出成果。 一、主持的教学研究课题： 1. 2019 年度广西高等教育本科教学改革工程项目：微课程在高师院校实践教学中的应用研究--以物理化学课程为例，2019.9-2021.8； 2. 2017 年广西高等教育本科教学改革工程项目：双创驱动：高师院校创客教育与创客导师培养模式探索与实践，2017.9-2019.8； 3. 2016 年广西高等教育本科教学改革工程项目：师范院校化学专业本科生创新型、创业型人才培养，2016.9-2018.8； 4. 2015 年广西高等教育本科教学改革工程项目：基于“翻转课堂”理念的高师化学教学改革与实践研究，2015.9-2017.8； 5. 2014 年广西教育科学“十二五”规划 2014 年度课题：课堂中要素调控数量与功效关系的实证研究，2014.9-2016.8。					

二. 教学研究论文

1. 吕凤俐, 莫国炜, 黄珊, 肖琦, 朱汝葵. 线上线下化学教育实习模式探索[J]. 化学教育, 2019, 40(8):55-60.
2. 莫国炜, 朱汝葵, 陈思静, 肖琦. 师范院校线上线下滚动式教育实习模式的探索[J]. 高教论坛, 2017, (10):49-52.
3. 甘毅娟, 朱汝葵, 黄珊, 肖琦. 基于本土特色资源的化学校本课程开发的研究[J]. 广西师范学院学报(自然科学版), 2017, 34(1):134-138.
4. 高欣浩, 盛家荣, 黄珊, 肖琦. 泰勒原理在微课程设计中的应用研究[J]. 广西师范学院学报(自然科学版), 2015, 32(2):118-121.
5. 黄珊, 肖琦, 马建强. 浅析分析化学实验教学改革[J]. 广州化工, 2013, 41(7):178-179.
6. 肖琦, 黄珊. 物理化学教学改革探索[J]. 大学教育, 2012, (5):81-81.

三. 获得的教学表彰/奖励

1. 2017 年“教、赛、研三位一体：地方高师院校理科专业实践创新人才培养的改革与实践”成果获广西高等教育自治区级教学成果奖二等奖；
2. 2009 年《民族地区发展型化学教师培养模式的研究与实践》项目研究获广西高等教育优秀教学成果三等奖。
3. 2017 年获广西高等学校卓越学者；
4. 2018 年获广西五一劳动奖章；
5. 2018 年获广西青年五四奖章；

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）

科研方面从事新型低毒量子点等纳米材料制备及其生物效应，抗肿瘤药物

小分子与生物大分子相互作用机制及生命电分析化学研究,同时致力于金属表面处理与涂层防护方向的课题研究。

一. 近五年来承担的学术研究课题

1. 线粒体作为氧化石墨烯生物效应作用靶点的热力学诠释及其分子机制研究, 国家自然科学基金, 2018.01-2021.12, 主持;

2. 基于生物热力学方法的功能化氧化石墨烯与蛋白质相互作用机制研究, 国家自然科学基金, 2016.01-2019.12, 主持;

3. 系列表面功能化量子点与线粒体相互作用机理研究, 国家自然科学基金, 2013.01-2015.12, 主持;

4. 生物热化学, 广西自然科学基金杰出青年基金项目, 2017.08-2020.07, 主持;

5. 阻氟涂层的纳米多层化设计及其界面效应研究, 国家自然科学基金青年项目, 2016.01-2018.12, 参与。

二. 国外发表的 SCI 学术论文

以第一作者或通讯作者在 *Chemical Communications*, *Journal of Hazardous Materials*, *Sensors and Actuators B: Chemical*, *Nanotechnology* 等国外著名 SCI 刊物上发表论文 50 多篇, 已被 30 多个国家的同行在 *Nat. Nanotechnol.*, *Chem. Rev.*, *J. Am. Chem. Soc.*, *ACS Nano* 等 50 余种 SCI 收录刊物正面评价和引用超过 1000 次, 其中单篇最高 SCI 引用 150 次, 1 篇论文被 ESI 列为高被引论文。申请国家发明专利 60 余项, 获授权 30 项, 转让 6 项。受邀为 *Nanoscale*, *Biosens. Bioelectron.*, *Carbon*, *Phys. Chem. Chem. Phys.*, *Colloids Surf. B*, *Nanotechnology* 等 30 多种国际 SCI 学术期刊评审相关稿件。

1. Shan Huang, Hangna Qiu, Shuangyan Lu, Fawei Zhu, **Qi Xiao*** Study on the molecular interaction of graphene quantum dots with human serum albumin: Combined spectroscopic and electrochemical approaches. *Journal of Hazardous Materials* **2015**, 285, 18–26. (ESI 高被引论文, SCI 一区, IF= 6.434, 引用次数:

45)

2. Shan Huang, Erli Yang, Yi Liua, Jiandong Yao, Wei Su, **Qi Xiao***. Low-temperature rapid synthesis of nitrogen and phosphorus dual-doped carbon dots for multicolor cellular imaging and hemoglobin probing in human blood. *Sensors and Actuators B* **2018**, 265, 326–334. (SCI 一区, IF=5.667)

3. Yuanyuan Chang, Mengyao Li, Zhongyu Wu, Ying Zhuo, Yaqin Chai, **Qi Xiao***, **Ruo Yuan***. Homogeneous Entropy Catalytic-Driven DNA Hydrogel as Strong Signal Blocker for Highly Sensitive Electrochemical Detection of Platelet-Derived Growth Factor. *Analytical Chemistry* **2018**, 90, 8241–8247. (SCI 一区, IF=6.042)

4. Shan Huang, Lumin Wang, Chusheng Huang, Wei Su, **Qi Xiao***. Label-free and ratiometric fluorescent nanosensor based on amino-functionalized graphene quantum dots coupling catalytic G-quadruplex/hemin DNAzyme for ultrasensitive recognition of human telomere DNA. *Sensors and Actuators B* **2017**, 245, 648–655. (SCI 一区, IF=5.667, 引用次数: 6)

5. Shan Huang, Shuangyan Lu, Chusheng Huang, Jiarong Sheng, Lixia Zhang, Wei Su, **Qi Xiao***. An electrochemical biosensor based on single-stranded DNA modified gold electrode for acrylamide determination. *Sensors and Actuators B*, **2016**, 224, 22–30. (SCI 一区, IF= 5.667, 引用次数: 13)

三. 学术研究表彰/奖励

1. 广西科学技术奖自然科学奖三等奖, 基于功能化 II-VI 族量子点等纳米材料的研制及生物学分析应用, 广西壮族自治区人民政府, 排名: 第 1, 2017 年;

2. 第十四届广西青年科技奖, 排名: 第 1, 2017 年, 中共广西壮族自治区委员会组织部;

3. 广西自然科学基金-杰出青年基金获得者, 排名: 1, 2017 年, 广西科学技术厅;

4. 广西高等学校卓越学者，排名：第 1，2017 年，广西教育厅。						
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	肖琦	南宁师范大学	研究员	化学与材料学院院长/中心主任	项目总体建设与规划	
2	刘乐平	南宁师范大学	高级工程师	应用化学专业负责人	实验原理研究、线上教学规划	
3	李媛媛	南宁师范大学	讲师	中心副主任	实验模式与教学方法研究、线上教学	
4	劳远侠	南宁师范大学	高级工程师	教学科研秘书	实验流程与方案设计、线上教学	
5	陈泉志	南宁师范大学	讲师	中心秘书	实验流程与方案设计、线上教学	
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	屈泽明	南宁师范大学	讲师	党委书记/中心副主任	实验平台的网络技术	
2	朱汝葵	南宁师范大学	副教授	教学副院长/中心常务副主任	实验项目线下教学	
3	杨晶	南宁师范大学	副教授	科研副院长/中心副主任	实验平台线下教学	
4	刘志平	南宁师范	副教授	化学专业负责人	实验平台运营管理	

		大学				
8	朱永飞	南宁师范大学	副教授	高分子材料与工程专业负责人	实验项目线下教学	
5	韦良	南宁师范大学	讲师	创新创业学院院长助理	校企合作	
6	范建春	南宁师范大学	副教授	创新创业学院院长	实验平台支持	
7	欧启忠	南宁师范大学	教授	实验中心主任	实验平台技术维护	
9	田诚凯	北京润尼尔公司	高级程序员	区域经理	系统架构	
10	刘彦辉	北京润尼尔公司	高级程序员	技术经理	软件设计服务支持	
项目团队总人数：15（人）高校人员数量：13（人）企业人员数量：2（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 海洋防污涂料生产及性能检测虚拟仿真实验
2-2 实验目的 随着我国海洋经济和海军国防的迅猛发展，我国已经成为全球海洋防污涂料应用的最大市场，急需大量掌握海洋防污涂料生产、检测和研发的专业技术人才，因此该实验项目成为《涂料化学与工艺学实验》（共 32 学时）必不可少的一部分（占 4 学时）。本项目按照“虚实结合、以虚补实”的原则，结合“高阶性、创新性、挑战度”（“两性一度”）的教学设计标准，以海洋防污涂料的工业生产与性能检测为切入点，选取实际工业生产、海洋涂料旋转冲刷测试、防海洋生物测试、盐雾腐蚀测试等场景，采用 Unity3D、3D Studio Max、

Maya、Visual Studio 等软件，综合应用多媒体、三维建模、人机交互、虚拟现实、实时反馈游戏互动机制等技术自主研发了海洋涂料生产及性能检测虚拟仿真实验软件，以解决现实中专业人才培养的短板。海洋涂料生产及性能检测实验教学面临着以下难点：

第一 环境限制。评价海洋防污涂料性能优劣的几项重要测试，例如海洋涂料旋转冲刷测试以及防海洋生物污染测试，根据国家相关行业标准需在浅海区进行实海挂板实验，而高校及相关企业不具备这样的试验条件和资质，实验室亦无法模拟海洋真实环境进行试验。

第二 试验周期限制。海洋防污涂料的海洋挂板防污性能测试周期 1-5 年，旋转冲刷的最短周期为 200 小时，盐雾测试的最短周期为 1 个月，如此长的试验周期无法在实验课程中实现。

第三 实验原材料限制。涂料的组分多种多样，药品库难以涵盖全部试剂（部分试剂受专利保护，市面上难以购买），其中部分危险化学品的保存亦存在安全隐患，因此实验室无法满足学生多样化的配方设计和转化需求。

第四 不可逆性。涂料从配方设计到实验验证的周期长（数天-几个月），且该过程不可逆，每次配方调整都需要进行大量的重复性实验，在线下实验课程中难以完成。

第五 实训需求。学生专业化能力的获得需要在真实的涂料生产环境中进行大量的实践实训活动，而全国范围内能够生产防污涂料的工厂凤毛麟角，出于安全性的考虑和工厂接待能力的限制不对外接受实训合作，因此无法满足高校学生批量见习的需求。

为解决专业涂料人才培养过程中的上述实际问题，实现国家培养卓越人才和创新人才的战略目标，我校依托南宁师范大学化学与材料学院应用化学专业涂料制备及检测实验室，结合团队教师在金属表面处理与防护、海洋防污涂料的开发与性能测试、抗腐蚀涂层的开发等研究成果，在“涂料化学与工艺学实验”课程中开设此虚拟仿真实验，旨在让学生通过本项目达到如下实验目的：

- （1）理解并掌握海洋防污涂料的工业生产流程及其基本性能测试方法。
- （2）通过团队合作，掌握设计防污涂料配方的方法，根据虚拟仿真平台

的反馈优化配方。

(3) 掌握旋转冲刷的测试方法。明确实验条件，正确评价测试结果并分析原因，根据测试结果进一步优化涂料配方。

(4) 掌握盐雾腐蚀测试的实验原理，正确操作测试设备、正确设置各项测试参数，并评价、分析测试结果。

(5) 掌握防污性能测试中实海挂板的步骤、时间选择、挂板尺寸要求等设置参数，并根据理论计算出涂料的防污性能等级。

2-3 实验课时

(1) 实验所属课程所占课时： 32 学时

(2) 该实验项目所占课时： 4 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）

(1) 实验原理

海洋基础设施表面（包括沿海桥梁、机场和港口码头的钢筋混凝土结构以及码头、地下管道、海上钻井平台等钢结构）与海水长期接触，海水中氯离子通过混凝土保护层孔道扩散到钢筋表面或直接与钢结构表面接触，破坏钢筋或钢结构表面保护层，形成电化学腐蚀，同时在钢筋混凝土表面或钢结构表面附着海洋微生物，形成生物腐蚀，影响钢筋混凝土或钢结构的耐久性。同样，船舶表面也易形成电化学腐蚀和微生物腐蚀，影响船舶的耐久性和安全性。海洋防污涂料通常为树脂基控制损耗涂料，富含 Cu_2O 和除藻杀生剂，涂覆在海洋基础设施表面和船舶表面，在钢筋、钢结构和船舶表面形成保护层，一方面可防止氯离子形成的电化学腐蚀，另一方面涂层中的铜离子防止微生物附着形成微生物腐蚀，从而提高海洋基础设施和船舶的使用寿命，节约能耗。

① 虚拟仿真涂料工厂实训

此部分是以实训车间为原型按比例高度还原工厂的实际操作环境及操作流程，营造一种身临其境的效果。

涂料生产的实际过程主要包括：1) 配方的设计； 2) 树脂的溶解； 3) 颜料及助剂的投放； 4) 防污剂的添加； 5) 研磨分散； 6) 包装出库； 7) 涂装样板。学生需根据以下实验原理进行合理的配方设计，并采用适当的生产工艺进

行涂料制备。

A. 树脂的选择及用量直接影响到涂料的各项性能参数，例如粘度、干燥性、漆膜的成膜性能（光泽度、漆膜强度，漆膜的附着力），抗海水冲刷性能、抗盐雾腐蚀性能以及防污剂释放速度等，在配方设计中可根据丹尼尔点的位置确定树脂用量，如图 1 所示。此外，亦需根据旋转冲刷、盐雾腐蚀等性能的测试结果进行优化树脂用量。

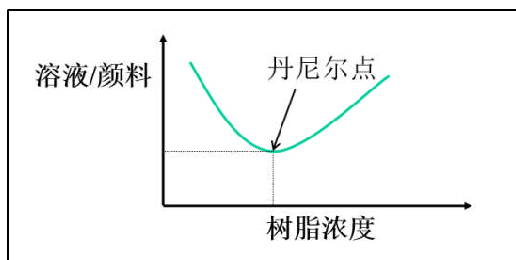


图 1 丹尼尔点

B. 溶剂的选择及用量与树脂的溶解性具有重要关系。研究表明，聚合物在良溶剂和不良溶剂中状态不同，如图 2 所示。其中，在良溶剂中粒子吸附的聚合物量小，密度低，而不良溶剂中粒子上吸附的聚合物密度高，吸附量大。通常，在分散颜料时使用不良溶剂，在稀释时使用良溶剂。另外，在良溶剂中混入少量不良溶剂所得漆膜的断裂伸长明显增加，其原因在于有适量的不良溶剂时，所得漆膜中可形成大量极细小的空隙，这种空隙可以控制住裂缝发展的速度，减缓了应力集中强度。

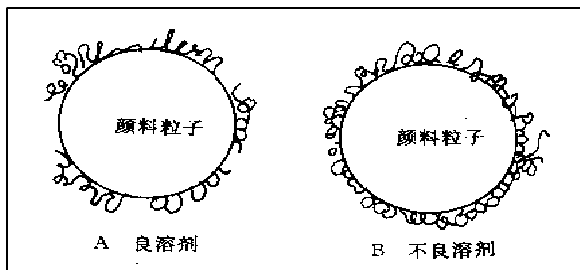


图 2 聚合物在良溶剂与不良溶剂中的状态

C. 溶剂的选择关系到漆膜光滑平整度。若溶剂挥发过快，涂料浓度迅速升高，膜层表面因粘度过高而失去流动性，引起漆膜不平整；另外，溶剂挥发过快造成蒸发时失热过多，膜层表面温度可降至露点，会使水凝结并残留在膜

层内，从而导致漆膜发白而失去透明性，进而降低漆膜强度等。

D. 涂料各组分功用不同，各类型助剂的选择及用量需根据实际需求进行调整。涂料组分主要有消泡剂、增稠剂、分散剂、缓释剂、防污剂等，另外填料也是涂料中必不可少的组成部分。

② 旋转冲刷试验

此部分虚拟仿真实验高度还原真实大型天然海水池中进行的旋转冲刷测试，样板和测试设备的形貌尺寸、测试参数均与国家标准（GB/T 7789-2007 船舶防污漆防污性能动态测试方法）相符。

旋转冲刷试验模拟水中结构件受海浪冲刷或船舶航行时与海水的动态交互作用行为，测试并评价防污涂料的抗海水冲刷性能。冲刷试验将涂敷有防污涂料的样板固定于旋转冲刷试验机上，设定转速和试验时间；实验周期内一旦出现样板表面漆膜脱落、起泡、开裂等现象出现即判定为失效，返回上一步骤，进行涂料配方及生产工艺优化。若无上述破损现象，则进入下一步“实海浮筏挂板试验”。

③ 实海浮筏挂板试验（防海洋生物附着性能测试）

此部分虚拟仿真实验高度还原真实海浮筏挂板试验的场景及评估手段，样板及设备形貌尺寸与实际相符。

实海浮筏挂板试验是指，将涂装防污漆的样板浸泡在浅海中，定期观察样板上海洋污损生物附着的品种、附着量及繁殖程度，同时与空白样板进行比较，并根据观察的结果评定防污漆性能的一种试验方法。

本虚拟仿真项目以新型自抛光型防污涂料为蓝本，该类型防污涂料与海水接触时可以发生水解，释放出杀菌剂，并逐渐转变成水溶性的聚丙烯酸盐，而与下层漆膜剥离，涂层在水流的作用下，表层的颜料和失去毒料的聚合物可以均匀与漆膜分离，露出新鲜的涂层，起到抛光作用，如图 3 所示。为了控制聚合物的水解，可以加入疏水性的有机物（阻滞剂）。

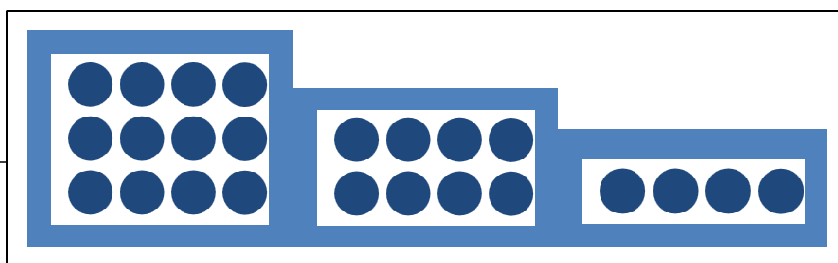


图 3 自抛光型防污涂料的作用原理

评价方式：若样板表面只附着藻类胚芽和其他生物淤泥，则试验样板的表面污损可评定为 100。若仅仅有一些初期污损生物附着则降至 95。若有成熟的污损生物附着，则评分的方法为：以 95 为总数扣除个体附着的污损生物的数量和群体附着污损生物的覆盖面积百分数。例如：

藤壶	3 个，直径 3mm-10mm；
软体动物	2 个，直径 15mm；
绿藻	附着面积 3%；
其他污损生物	无。

评分：95-（3-2-3）=87

④ 盐雾腐蚀试验

此部分虚拟仿真实验高度还原国标制定单位盐雾腐蚀试验箱的形貌及参数设置，样板尺寸等与实际相符。

盐雾腐蚀就是一种常见和最有破坏性的大气腐蚀，是由于含有的氯离子穿透金属表面的氧化层和防护层与内部金属发生电化学反应引起的。同时，氯离子含有一定的水合能，易被吸附在金属表面的孔隙、裂缝排挤并取代氯化层中的氧，把不溶性的氧化物变成可溶性的氯化物，使钝化态表面变成活泼表面。

盐雾试验是一种主要利用盐雾试验设备所创造的人工模拟盐雾环境条件来考核产品或金属材料耐腐蚀性能的环境试验。利用一种具有一定容积空间的试验设备——盐雾试验箱，在其容积空间内用人工的方法，造成盐雾环境来对产品的耐盐雾腐蚀性能质量进行考核。盐雾试验又包括中性盐雾试验、醋酸盐雾试验、铜盐加速醋酸盐雾试验、交变盐雾试验。

A 中性盐雾试验（NSS 试验）是最早且目前应用领域最广的一种加速腐蚀试验方法。它采用 5% 的氯化钠盐水溶液，溶液 pH 值调在中性范围（6~7）作为喷雾用的溶液。试验温度均取 35℃，要求盐雾的沉降率在 1~2 ml/80 cm²·h 之间。

B 醋酸盐雾试验 (ASS 试验) 是在中性盐雾试验的基础上发展起来的。它是在 5%氯化钠溶液中加入一些冰醋酸, 使溶液的 pH 值降为 3 左右, 溶液变成酸性, 最后形成的盐雾也由中性盐雾变成酸性。它的腐蚀速度要比 NSS 试验快 3 倍左右。

C 铜盐加速醋酸盐雾试验 (CASS 试验) 是国外最新发展起来的一种快速盐雾腐蚀试验, 试验温度为 50 °C, 盐溶液中加入少量铜盐—氯化铜, 强烈诱发腐蚀。它的腐蚀速度大约是 NSS 试验的 8 倍。

D 交变盐雾试验是一种综合盐雾试验, 它实际上是中性盐雾试验加恒定湿热试验。它主要用于空腔型的整机产品, 通过潮态环境的渗透, 使盐雾腐蚀不但在产品表面产生, 也在产品内部产生。它是将产品在盐雾和湿热两种环境条件下交替转换, 最后考核整机产品的电性能和机械性能有无变化。

盐雾腐蚀有中性、酸性、和碱性三种; 除了中性外, 其他两种盐雾具有毒性, 对于学生现场教学具有危险性。

(2) 知识点

知识点: 共 16 个

- 1) 溶剂型涂料配方的基本组成及各组分的作用
- 2) 树脂的选择及用量对涂料漆膜性能 (强度、附着力、防污防腐性能) 的影响
- 3) 溶剂的选择 (良溶剂与不良溶剂)、用量及用法对涂料性能的影响
- 4) 各类型助剂的使用方法及用量的选择
- 5) 防污涂料生产工艺流程, 涂装过程
- 6) 旋转冲刷测试的条件, 包括试验场所、试验装置、试验时机的选择
- 7) 旋转冲刷测试样板的制备, 包括样板的材质和尺寸、样板的表面处理、样板漆膜的制备
- 8) 旋转冲刷测试的试验程序, 观察记录手段, 结果的评定与交付依据
- 9) 自抛光型防污涂料的作用原理及防污剂的选择
- 10) 实海挂板试验测试的条件, 包括试验场所、试验装置、试验时机的选择

- 11) 实海挂板试验测试样板的制备, 包括样板的材质和尺寸、样板的表面处理、样板漆膜的制备
- 12) 实海挂板试验测试的试验程序, 观察记录手段, 结果的评定与交付依据
- 13) 盐雾腐蚀试验的基本原理及分类
- 14) 盐雾腐蚀试验的准备工作, 包括试验箱的准备、样品的准备及安装
- 15) 盐雾腐蚀测试箱参数设定
- 16) 盐雾腐蚀试验结果评定

2-5 实验仪器设备（装置或软件等）

（1）南宁师范大学自主知识产权实验软件（见图 4）

海洋防污涂料生产及性能检测虚拟仿真实验软件著作权登记证书（软件著作权登记证书号：软著登字第 4279720 号，登记号：2019SR0858963）



图 4 计算机软件著作权登记证书

该软件应用 3D 仿真技术构建了涂料工厂真实场景, 真实还原了实海试验的全过程, 以海洋防污涂料的配方设计、生产以及测试为主线, 引导学生独立思考, 合作探究, 培养其分析问题及解决问题的能力。

（2）基本仪器设备

学校配备有高速网络出口、高性能服务器、大容量存储、网络防火墙、虚拟仿真实验管理平台等设备设施用于海洋防污涂料生产及性能检测虚拟仿真

实验项目运行。学生可使用学校的计算机及个人计算机在校园网络环境下完成实验。

(3) 虚拟仪器设备

1) 虚拟仿真涂料工厂实训

高速分散机搅拌机，研磨机，罐装设备，釜罐容器，自动配料系统，电子秤，无空气喷涂设备等，如图 5、6、7 所示。



图 5 高速分散搅拌机



图 6 研磨机

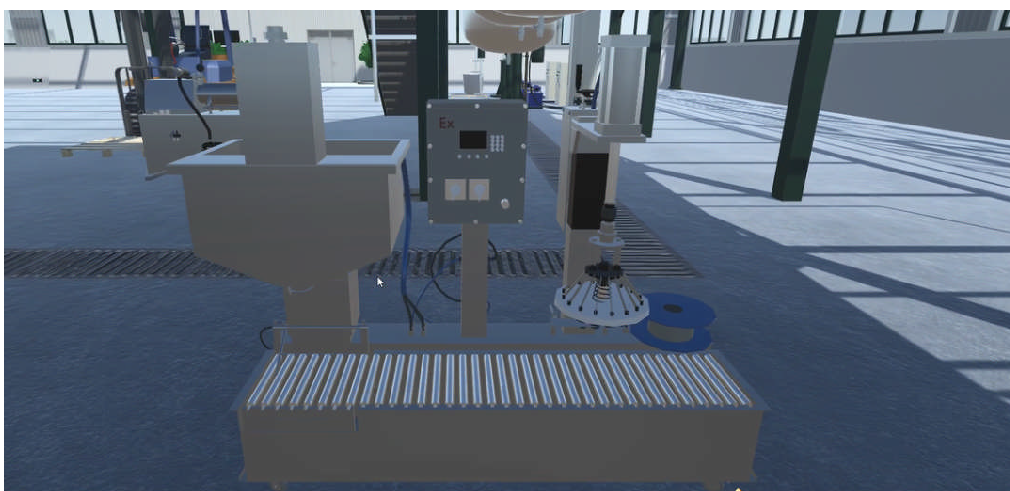
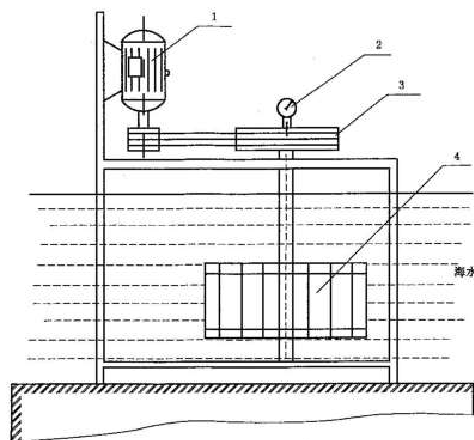


图 7 灌装设备

2) 旋转冲刷试验

旋转冲刷机：试验装置包括动力、传动、样板固定架三部分，试验装置和样板固定架如图 8、9 所示。



- 1——电机；
- 2——转速计；
- 3——传动装置；
- 4——试验样板。

图 8 旋转冲刷机示意图

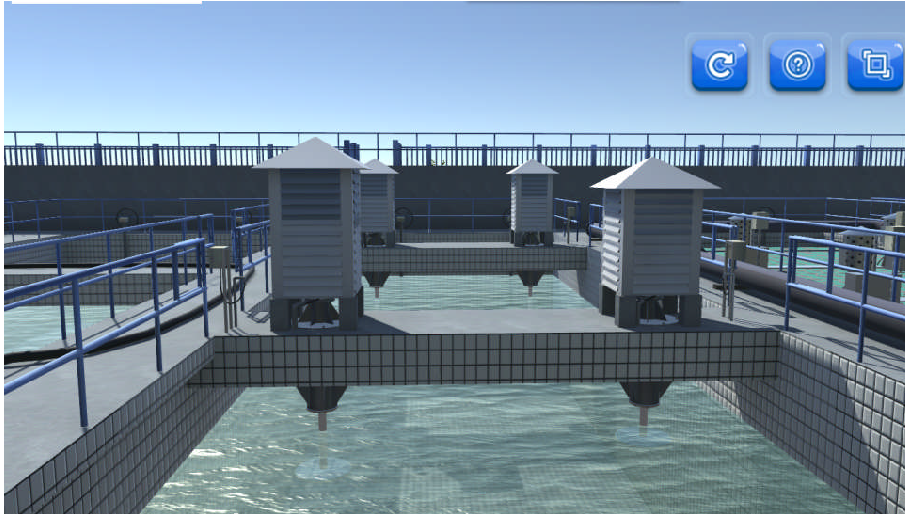


图 9 旋转冲刷机

样板：试验样板基材采用 3 mm 厚的低碳钢板。样板外形尺寸为 260×100×3 mm，样板的 4 个角开有 4 个直径为 7 mm 的固定孔，如图 10 所示，每种防污涂料的冲刷试验样板为 3 块。

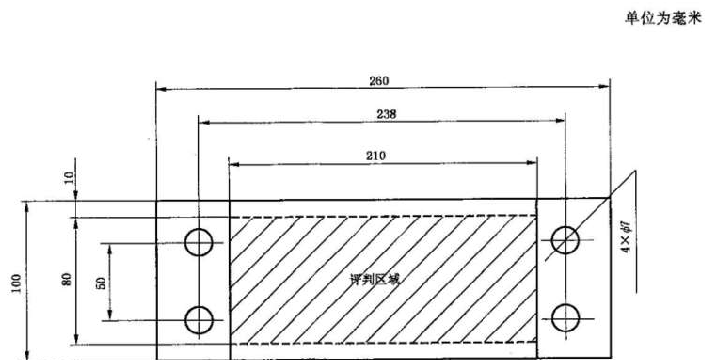


图 10 样板示意图

3) 实海浮筏挂板试验（防污性能测试）

浮筏：浸泡试验在海水流通的钢制浮筏上进行，如图 11 所示。

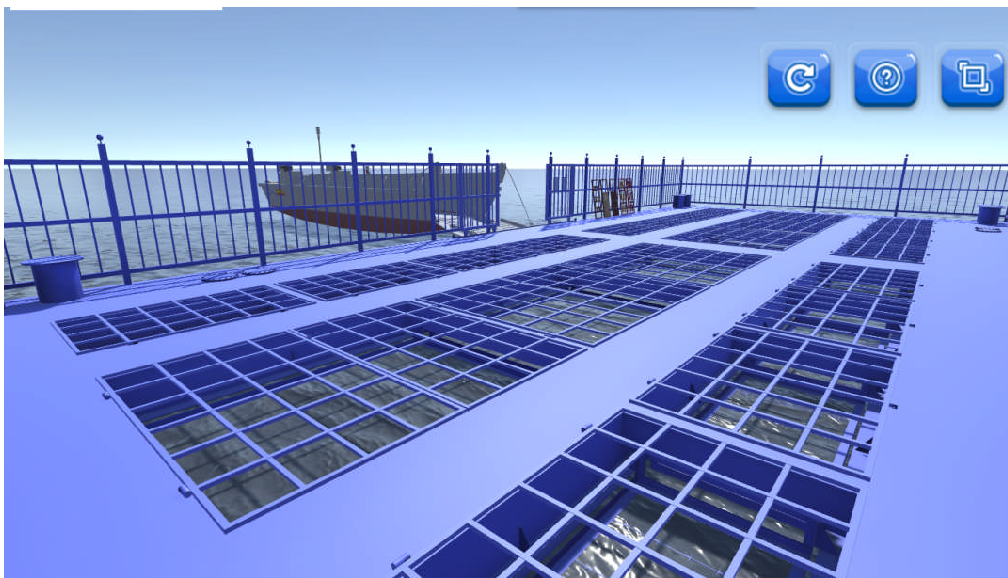


图 11 浮筏

框架：框架材料采用截面积尺寸不小于 $25\text{ mm} \times 25\text{ mm} \times 3\text{ mm}$ 角钢，将角钢焊接成 3 档框架。

样板：试验样板基材采用 3 mm 厚的低碳钢板。样板外形尺寸为 $260 \times 100 \times 3\text{ mm}$ ，样板的 4 个角开有 4 个直径为 7 mm 的固定孔，如图 所示，每种防污涂料的冲刷试验样板为 3 块，如图 12 所示。

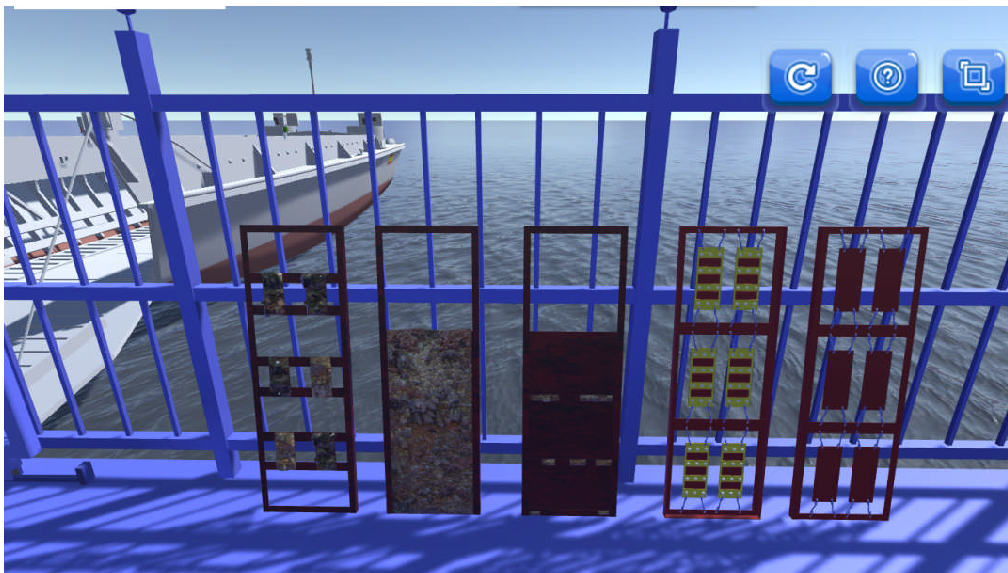


图 12 试验框架及样板

4) 中性盐雾试验

盐雾腐蚀测试箱：如图 13 所示



图 13 盐雾腐蚀测试箱

样板：试验样板使用 ISO 1514 要求的钢板，其尺寸约为 150 mm × 100 mm × 1 mm。

2-6 实验材料（或预设参数等）

本项目所需虚拟实验材料如下：

（1）虚拟仿真涂料工厂

树脂库：苯丙乳液，纯丙乳液，醇酸树脂，不饱和聚酯树脂，氨基树脂，聚氨酯树脂，丙烯酸树脂，丙烯酸硅烷树脂，环氧树脂。

溶剂库：乙二醇醚，乙酸乙二醇醚酯，乙酸乙酯，Texanol（2,2,4-三甲基-1,3-戊二醇单异丁酸酯），轻芳烃溶剂油，乙二醇，丙二醇，丁基乙二醇，异丁基乙二醇，二甲苯，乙苯，甲基丙烯酸甲酯。

助剂库：润湿分散剂，消泡剂，缓释剂，增稠剂，防腐剂，成膜助剂，流平剂。

防污剂库：氧化亚铜，铜粉，DDT，二硫化四甲基秋兰姆，三丁基氟化锡，双丁基氧化锡，三苯基氟化锡。

颜料/填料库：群青蓝，酞青蓝，氧化锌，滑石粉，碳酸钙，贝壳粉。

（2）旋转冲刷试验

虚拟生产中所制备的涂料样品。

（3）实海浮筏挂板试验（防污性能测试）

虚拟生产中所制备的涂料样品。

(4) 中性盐雾试验

5%的氯化钠盐水溶液，虚拟生产中所制备的涂料样品。

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）

本项目坚持“学生中心、问题导向、学科融合、合作探究、创新实践”的实验教学理念，按照“虚实结合、以虚补实”的原则，结合“两性一度”的教学设计标准，采用沉浸式、问题驱动式、人机交互式、自主式、合作式、反思式实验教学方法，致力于培养学生团队合作的精神，自主学习，分析问题、解决问题的能力以及自我反思的能力。

(1) 使用目的

虚拟仿真实验是信息技术与传统实验教学的深度融合产物，运用高效和安全的虚拟仿真实验教学，极大地拓展了学生的学习资源和空间，弥补了实验场所和时间上的不足。

① 激发学生学习兴趣

在虚拟的环境中，学生通过涂料工厂的漫游，系统地掌握了整个涂料生产的过程，如游戏闯关一样完成课程设置的问题和任务，并根据结果反馈及时调整自己的方式方法，这种直观、实时和互动的教学模式不仅激发了学生的兴趣，也有助于学生进行知识点的迁移。

② 提升学生学习能力

虚拟仿真实验解决了真实实验不可逆的问题。在虚拟环境中，学生可以针对性能测试的反馈结果反复调整涂料配方及工艺，既能深化对已有理论知识的理解，又能在在这个过程中学会分析问题、解决问题；在人机交互的过程当中，学生养成了意义建构知识和不断反思的习惯，学习能力也不断得到提升。

③ 提高学生学习效率

本实验为学生提供了泛在化的网络虚拟实验室和 24 小时在线的“空中课堂”，学生可以不受时间和空间限制沉浸其中，随时随地进行实验，大大缩短实验周期；系统自动评分有助于学生得到及时反馈，从而及时发现问题和解决

问题，学生的学习效率大幅度提高。

④ 实用型人才培养

虚拟仿真实验的整个过程完全脱离实验室的局限，让学生沉浸在实际生产操作和测试环境当中，直接对接工业生产和检测的需求；受海洋环境和时间的限制，学生乃至很多生产厂家都无法实现实海检测模块现场实践，通过这个模块的操作，学生在入职前接触实际检测，与企业无缝对接，符合培养实用型人才的培养目标。

(2) 实施过程

本实验让学生在漫游环境中学习，并以问题驱动、交互练习、分组合作等学习方法展开，最后通过反思与评价巩固、提升学习效果。具体内容如下所示：

① 沉浸式环境漫游

学生在虚拟的涂料工厂进行漫游，直观形象、立体生动地体验、感知与领略涂料车间物理环境的空间布局和结构，掌握仪器、设备设施的配备规范，学习仪器设备的操作方法；实海检测模块，学生漫游海岛检测站并乘船出海，在虚拟浮筏上进行挂板操作，严格按国家标准实施检测步骤。

② 问题驱动式学习

实验过程中，教师设置问题闯关，学生正确回答课程设置的问题：如防污涂料的应用，防污涂料的基本组成，树脂用量选择，研磨时间，挂板海域和时间选择等，才能进入下一步操作，在此过程中学生通过查阅资料，回顾前学知识进行作答，从而巩固旧知，学习新知。

③ 交互式练习

系统设置有错误提示、正确操作提示和自动评价的功能，学生在进行虚拟实验操作时通过人机交互的方式，实现边操作、边学习、边调整，错误和不足之处及时得到改正和补充。

④ 合作探究式学习

在涂料配方的设计和生产环节，学生分小组完成教师布置的任务，每组3-4人，自由组合，配方设计完成并实施生产后进行旋转冲刷检测操作，检测不合格无法进入下一测试模块，需返回重新调整配方并重复生产及冲刷检测流

程，直至产品合格，此过程为项目式合作探究学习，需要团队合作，分析问题并解决问题。

⑤ 反思式评价

虚拟仿真平台能够自动生成可追溯实验过程的记录，便于学生及时了解与掌握学习的进程，进行自我纠错与反思。

实验操作结束后，系统会自动生成实验报告，通过在线或下载填写实验报告，学生可以反思自己的全部操作，并对自己对于知识点的掌握的情况做出评价，学生也可以根据评价结果和兴趣，反复进行虚拟仿真实验，进而提高学习效果。

（3）实施效果

① 提高人才培养质量

本项目的开发突破了时间和空间的限制，让学生虚拟完成现实条件无法完成的实验，实现了和实际涂料生产、性能测试的无缝对接。在教学设计上遵循以学生为本的原则，学生通过完成具有“两性一度”的问题设置、人机交互设计、以及合作探究项目，学会分析问题、解决问题、增强了实践能力和创新性能力的培养。自 2017 年 4 月以来，已有 450 余名学生完成了该项目的实验，获得国家级大创项目 18 项，区级 44 项；学生连续三年参加中国“互联网+”大学生创新创业大赛广西赛区选拔赛，获得金奖 3 项，银奖 6 项，铜奖 3 项，在第四届中国“互联网+”大学生创新创业大赛全国赛中获得铜奖 1 项。

② 提升教学效率

本项目构建的虚拟仿真实验平台，高度还原涂料工厂车间的原貌及设备的搭建，解决了现实涂料工厂无法接收高频次、大批量的学生参与见习或实习的难题；虚拟仿真实海浮筏测试也解决了学生或企业员工无法亲临挂板现场实操的问题。在虚拟仿真实验中，学生不仅能将线下课堂中所学的知识应用于仿真实验中，而且激发了学生对专业的自信心和自豪感，大大提升了教学效率。

③ 降低教学成本

该项目的使用，节约了原材料及设备成本，师生往返见习、实习单位的时间和交通住宿成本。该项目的实施预计为每年的教学成本节省 10 余万元。

④ 共享教学资源

该项目可通过互联网访问使用，本虚拟仿真教学资源不仅惠及本校的师生，也为其他高校教学提供服务。此外，除了授课需求外，本教学资源也面向社会开放。目前，还与崇左市豫祥科技股份有限公司等企业提供岗前培训。

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）

实验方法描述：

环境、设备及材料认知

将所有虚拟仿真实验中涉及的仪器设备、辅材、工具单独建模，分别能够进行 360° 全方位的展示，并搭配文字说明，用于沉浸式教学，达到认知的效果；所有模型在该模块的主界面中平铺显示，平铺显示的效果是图片加名称，点击某个图片进入该对应模型的具体展示。

涂料生产虚拟实操

该模块通过问题驱动的方式引发学生思考、回顾已学知识点，并一步步引导学生通过合作探究的方式进行涂料配方设计的实操，并按预习步骤在系统中完成涂料生产的整个流程；过程中系统对学生的回答即时做出评价和反馈，引导学生做出正确选择。实验过程中设置若干项问题陷阱，这些错误的操作会导致后续模块检测出现不合格的情况，学生需返回生产模块进行配方和工艺调整。

实海检测试验虚拟实操

学生根据国家标准的规定，完成实海检测的具体操作步骤，观察并评价检测结果，最终生成实验报告。

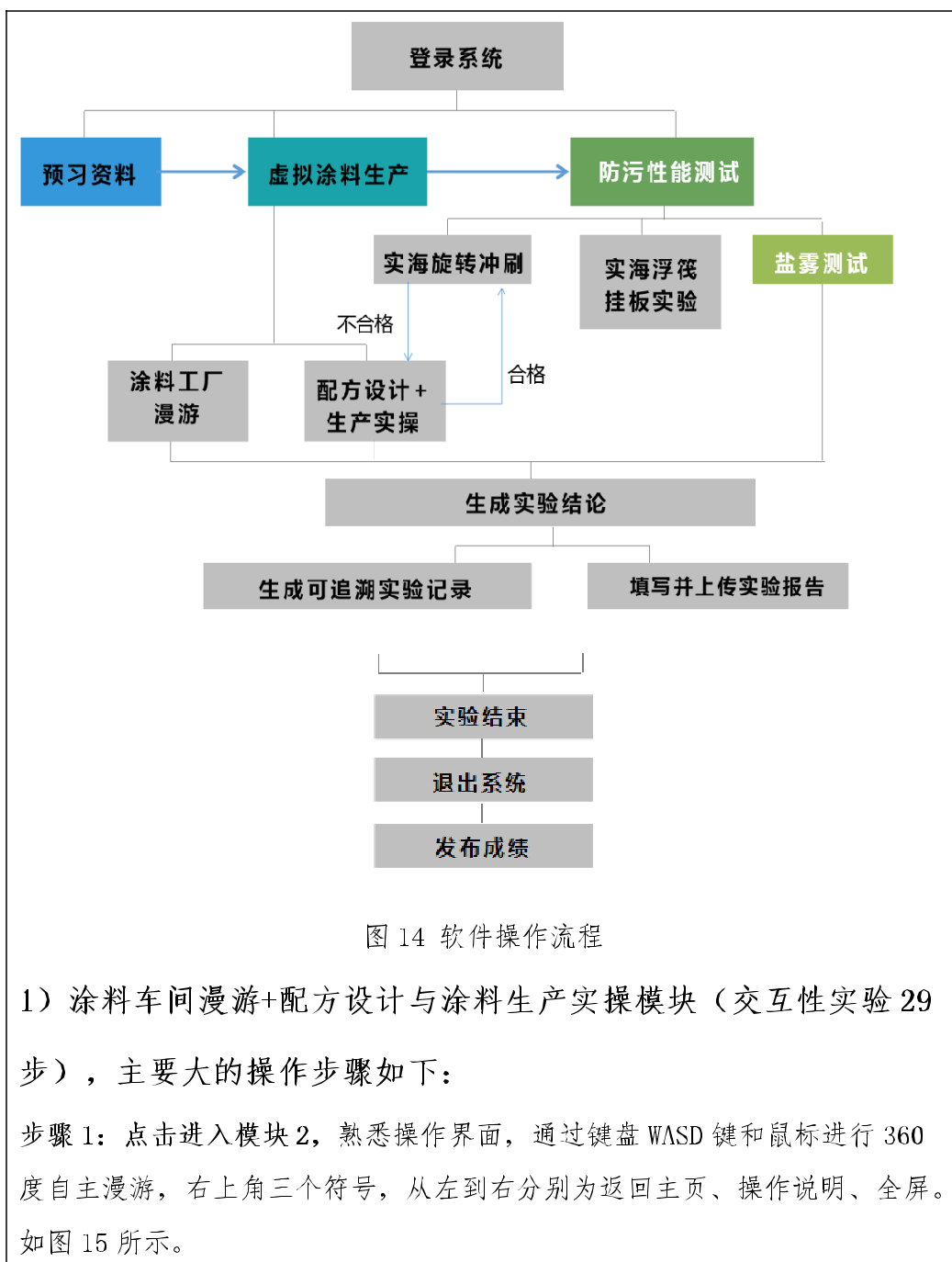
学生交互性操作步骤说明：

该实验教学项目属于“涂料化学与工艺学实验”课程中“海洋防污涂料的制备与性能检测综合实验”的一部分。本虚拟仿真项目包括以下两个重要模块：

模块二：涂料车间漫游+配方设计与涂料生产实操

模块三：实海环境性能测试：旋转冲刷+浮筏挂板试验+盐雾腐蚀试验

学生可在整个场景和情境中进行交互性操作 55 步。整个流程如图 14 所示：



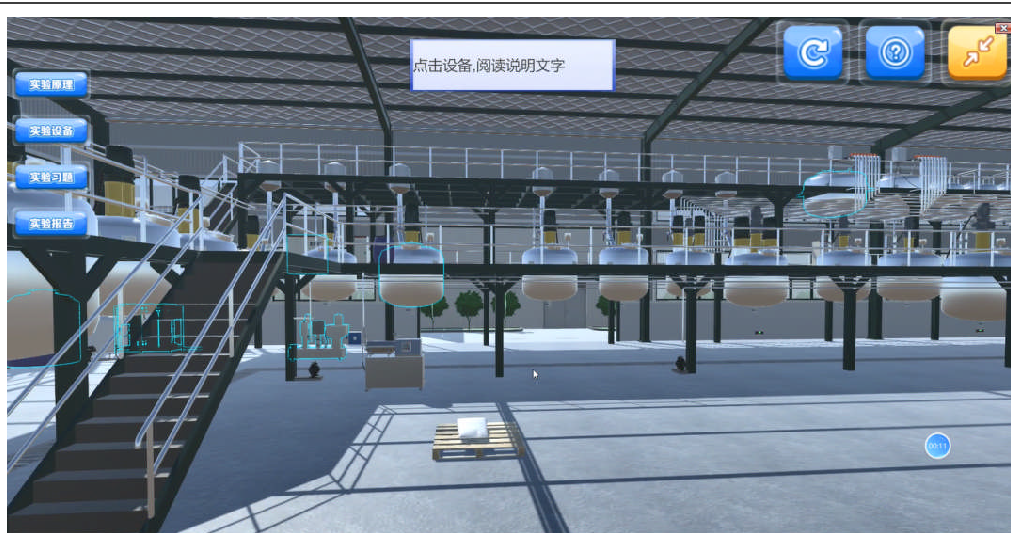


图 15 操作界面

步骤 2: 穿戴好安全帽, 工作服, 工作鞋, 口罩等劳动防护用品后, 系统确认无误, 方可开始沿着操作路径进入涂料车间进行参观。如图 16 所示。

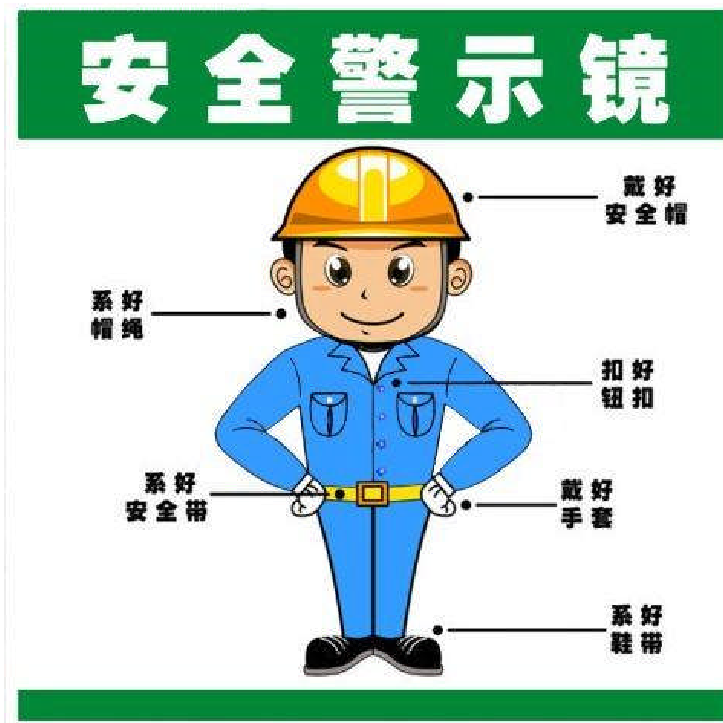


图 16 穿戴劳动防护用品

步骤 3: 边漫游边点击设备, 阅读说明文字, 了解设备的用途和使用注意事项。

如图 17 所示。

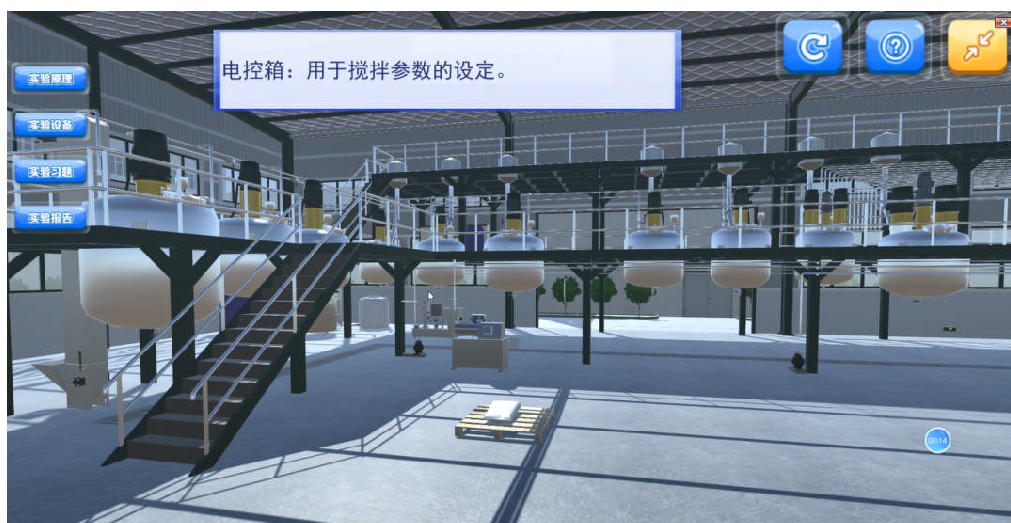


图 17 涂料生产设备认知

步骤 4：填写小组成员名单（3 人一组），确定涂料主要组分清单，正确，可进入下一步骤。如图 18 所示。

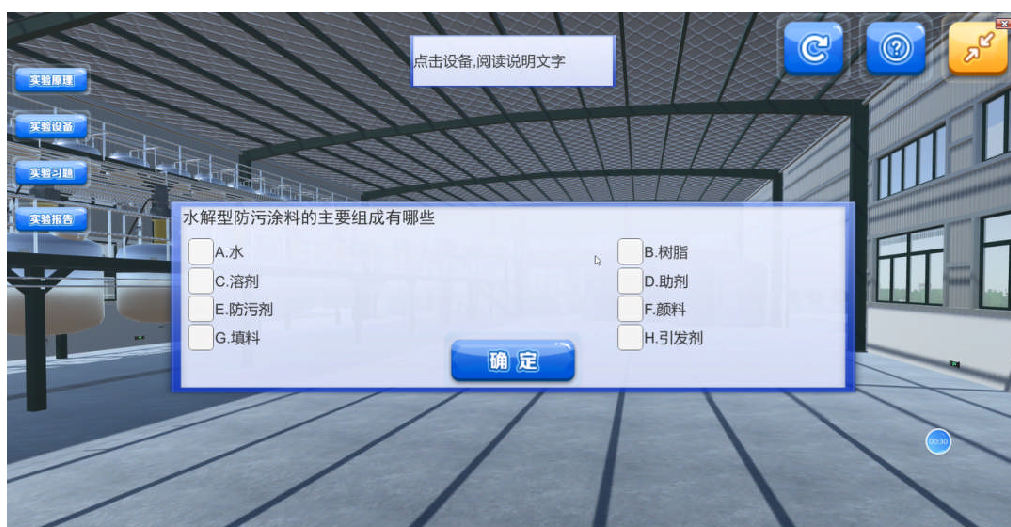


图 18 涂料组分清单确定

步骤 5：配方设计，实验小组从原材料库中选取适当的组分，并确定用量，形成各组配方，设计过程中系统会有正误提示。本环节中出现的交互性实验步骤共 18 步，以图 19、20、21、22、23 为例。



图 19 树脂选择界面

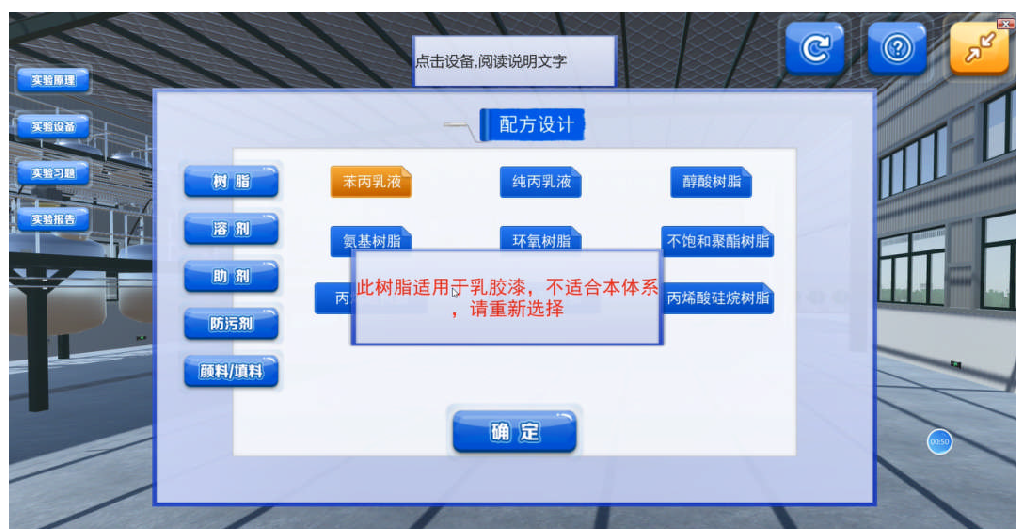


图 20 树脂选择错误提示



图 21 树脂用量选择



图 22 溶剂选择界面



图 23 防污剂选择界面

步骤 6: 涂料生产虚拟实操, 依照实验指导书的说明进行操作, 此大步骤中涉及交互性实验 7 步, 系统有正误提示, 以图 24-30 为例。

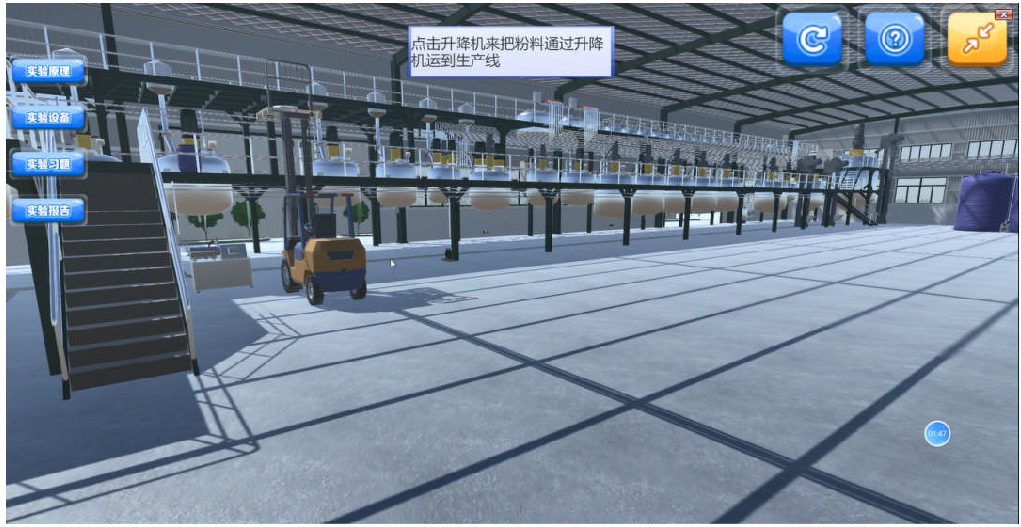


图 24 原材料输送

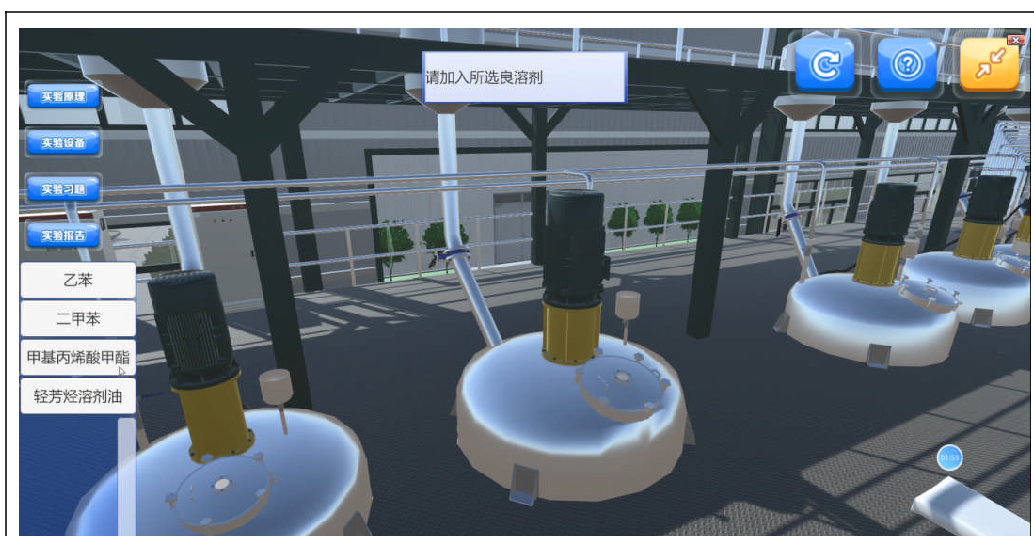


图 25 溶剂添加



图 26 转速调节



图 27 树脂添加

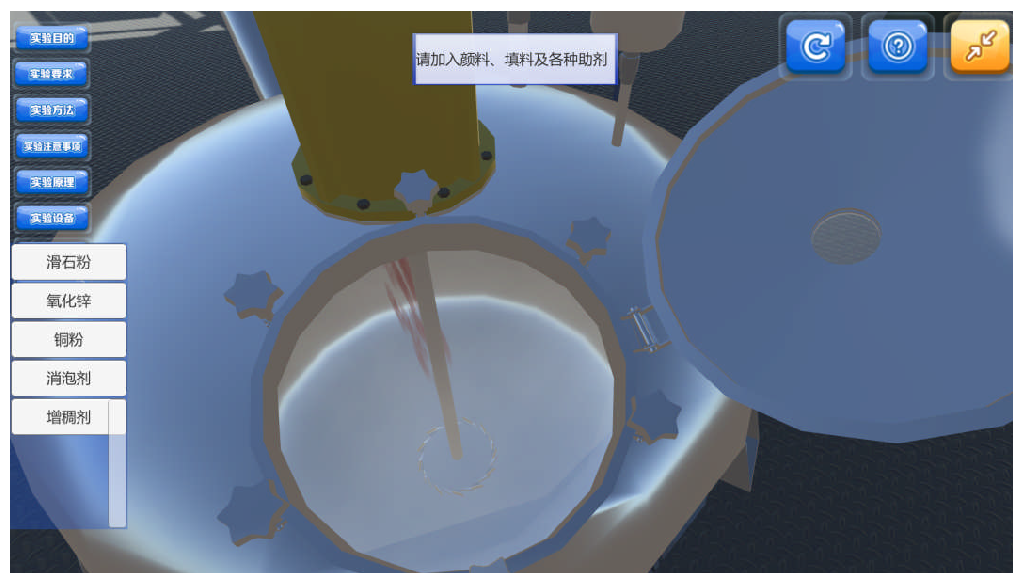


图 28 颜料、填料、防污剂、助剂添加



图 29 研磨珠及增稠剂添加



图 30 启动研磨分散机

步骤 7: 将电子秤打开，将包装桶放在自动打包机上，打开出料开关，成品自动称量，然后自动加盖并拧紧，取适量样品进行比色。如图 31、32、33 所示。



图 31 包装提示



图 32 自动打包



图 33 比色

步骤 8：真空喷涂测试样板。如图 34 所示。



图 34 喷涂

2) 海洋环境防污性能检测模块（交互性步骤共 26 步），主要大的实验步骤如下：

检测实验一：旋转冲刷

步骤 1：点击进入模块 3，阅读国标文件

防污漆样板浅海浸泡试验方法

1 范围

本标准规定了防污漆样板浅海浸泡试验方法的试验装置、试样制备、试验程序、性能评定。
本标准适用于船舶、近海工程结构用防污漆浅海浸泡性能的评定。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是不注日期的引用文件，其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准。然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB/T 8923 涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级(GB/T 8923—1988,eqv ISO 8501-1:1988)

3 术语和定义

3.1

防污漆样板浅海浸泡试验 antifouling panels in shallow submergence

将除装防污漆的样板浸泡在浅海中，定期观察样板上海洋污损生物附着品种、附着量及繁殖程度，同时与空白样板进行比较，并根据观察的结果评定防污漆性能的一种试验方法。

3.2

防污性能 fouling resistance

防止海洋污损生物附着及繁殖的能力。

3.3

边缘影响 edge effect

由于样板边缘易受损伤，漆膜较薄，而引起漆膜破损或过早地附着海洋污损生物所带来的对结果评定的影响。

图 35 国标文件截图

步骤 2：试验场所选择

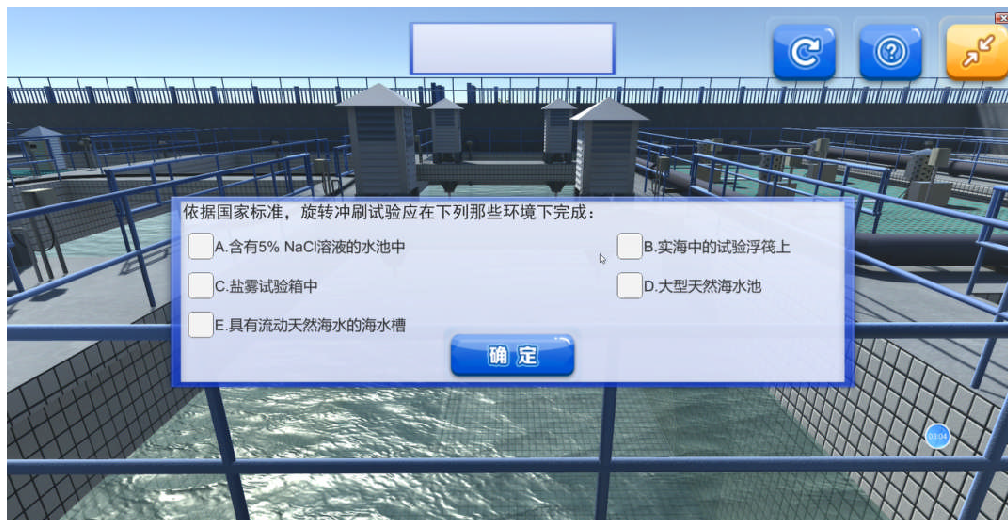


图 36 旋转冲刷场所选择

步骤 3：试验时机选择。如图 37 所示。

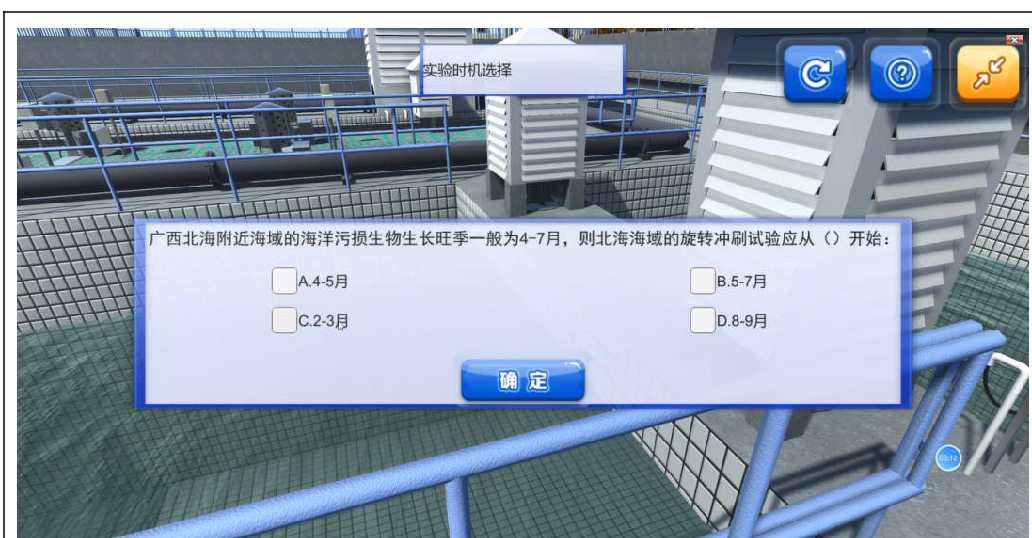


图 37 旋转冲刷试验时机选择

步骤 4: 单击设备，阅读设备说明书，按指示装备试验装置，设定试验时长与转速。如图 38 所示。

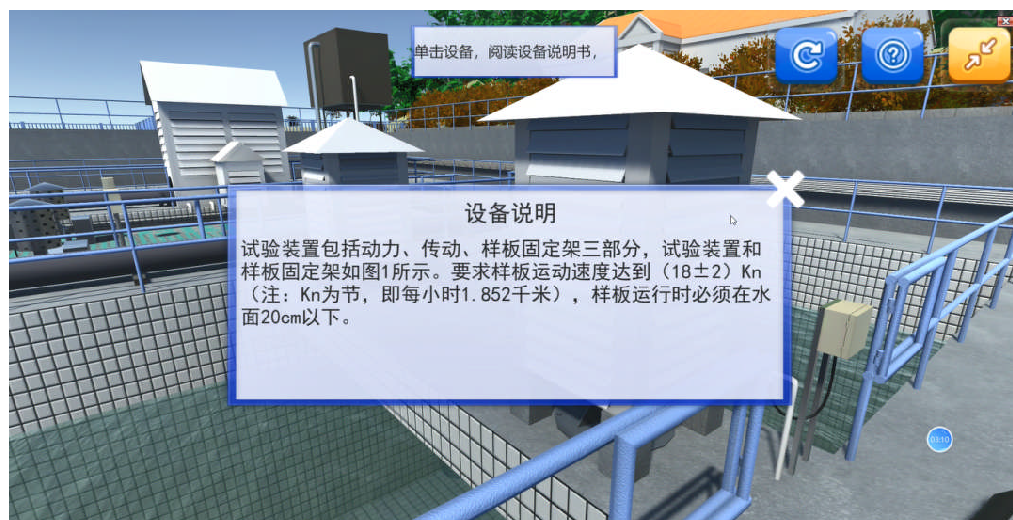


图 38 设备说明

步骤 5: 样板的制备，学生根据对国标的学习和认知，正确选择样板的尺寸和材质。如图 39 所示。

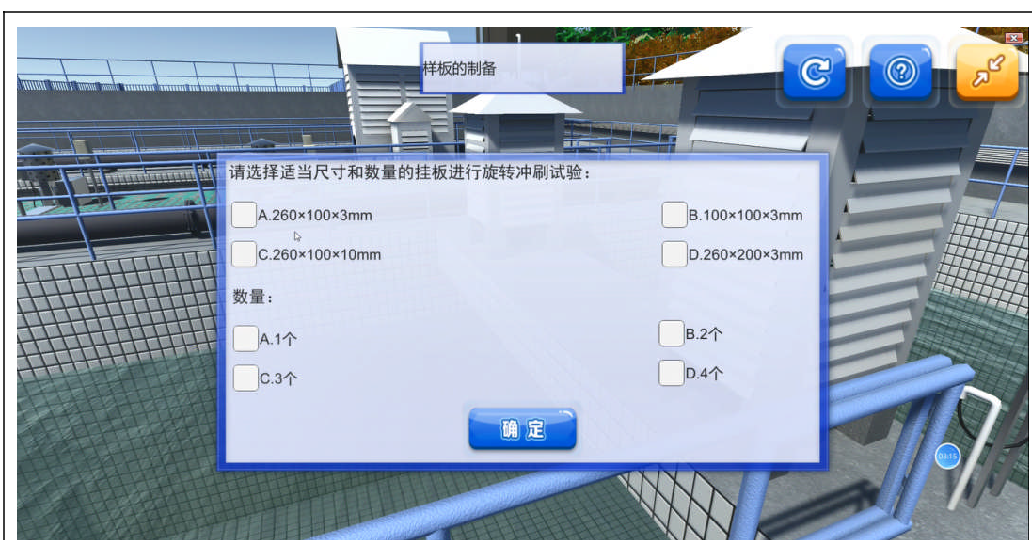


图 39 样板制备

步骤 6：将制备好的试验板安装到样板固定架上浸入海水中，并点击按钮开始测试。如图 40、41 所示。

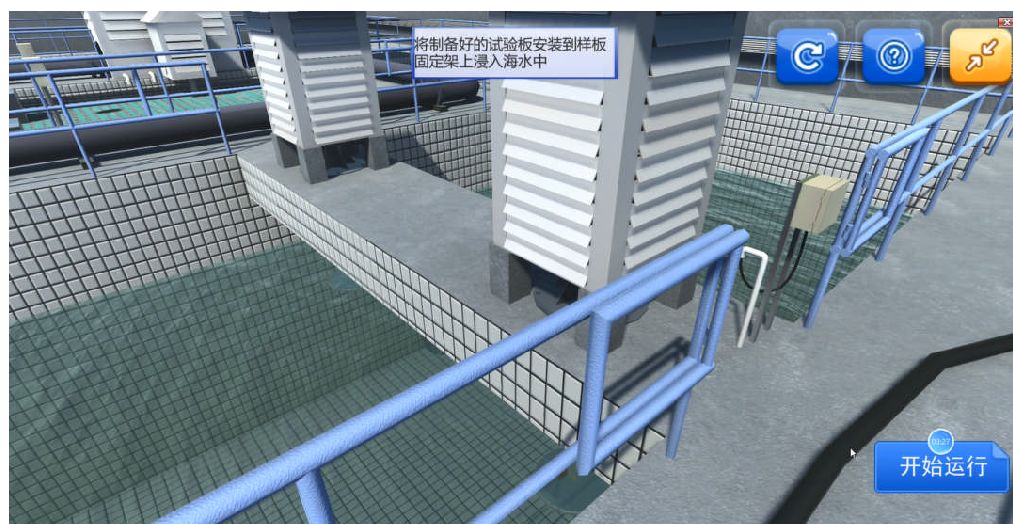


图 40 安装样板

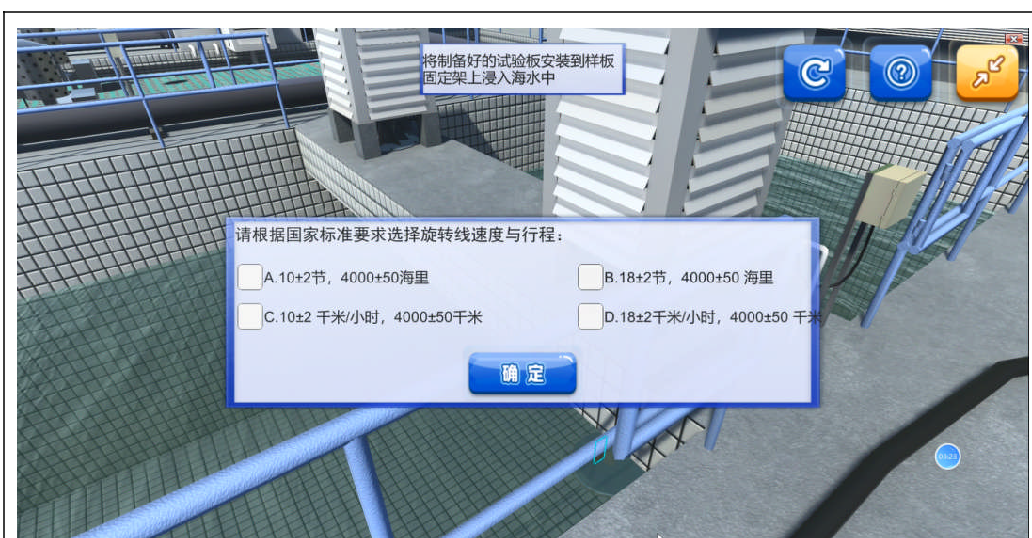


图 41 速度设定

步骤 7: 经过一定试验周期（一周期 200 小时），对样板进行观察、记录、拍照。记录漆膜表面状态，如是否脱落、起泡、开裂等现象出现。若出现上述情况，需配方设计步骤进行树脂用量和溶剂选择的调整。若样板漆膜完好，则将样板移入试验浮筏进行防污漆浅海浸泡试验。如图 42 所示。

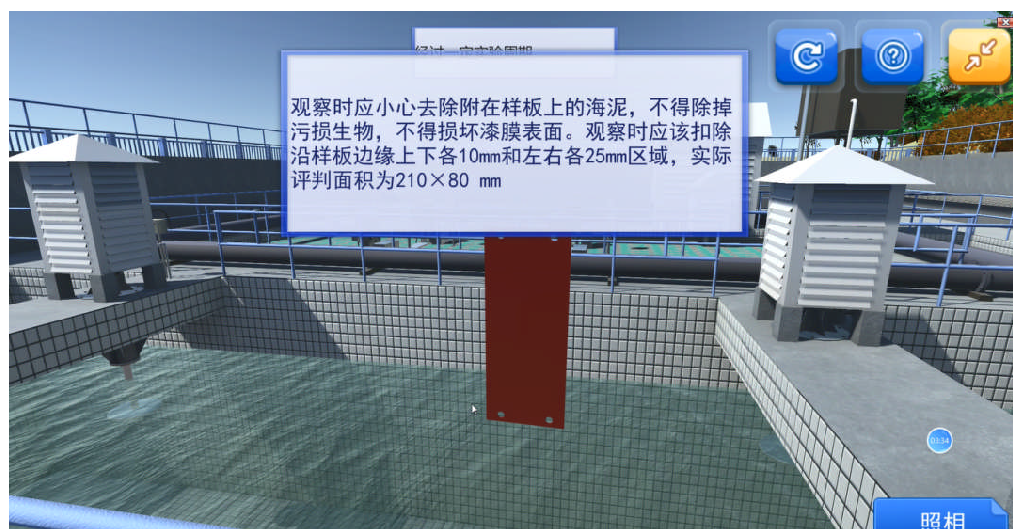


图 42 观察注意事项

步骤 8: 乘船出海，抵达浮筏，如图 43-45 所示。



图 43 乘船提示

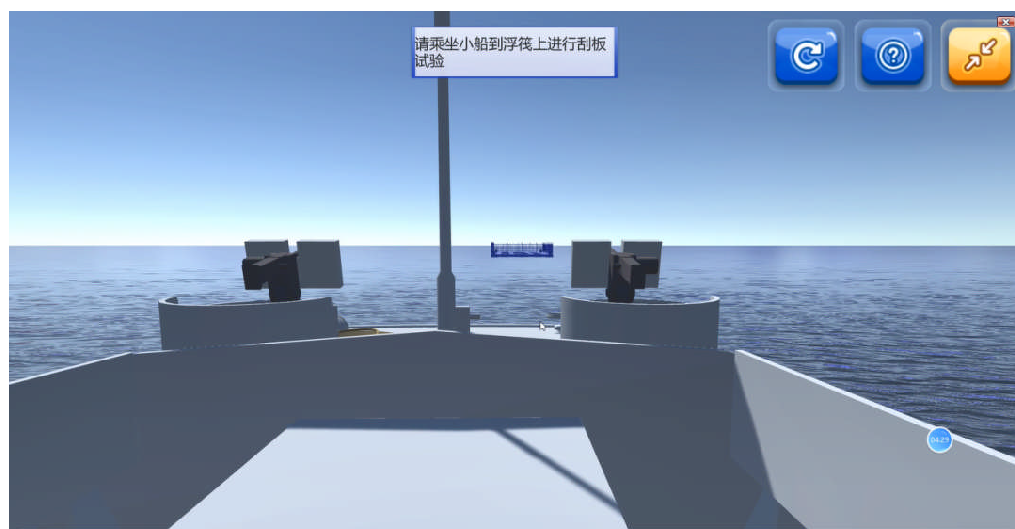


图 44 乘船出海

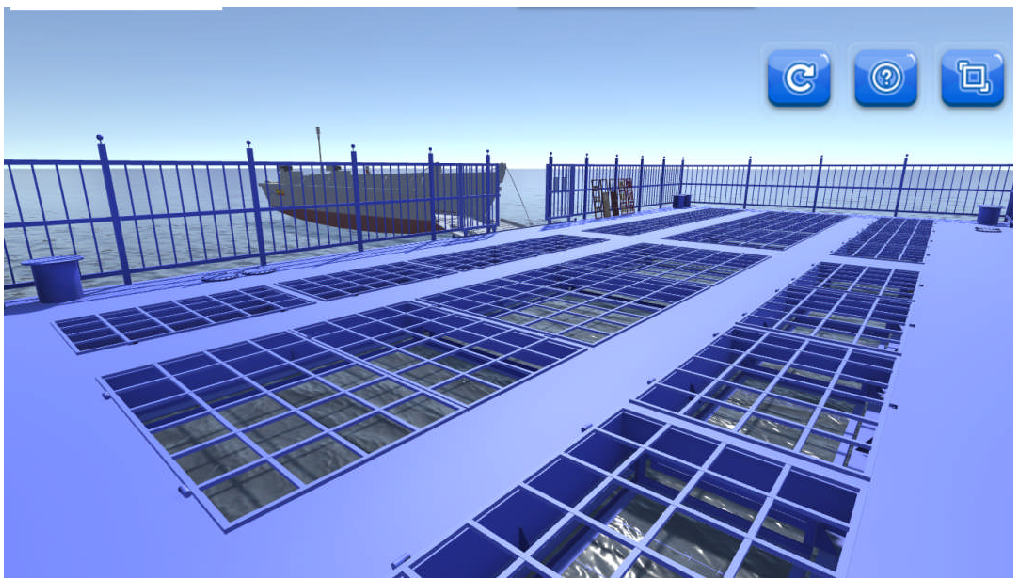


图 45 浮筏

检测实验二：实海浮筏挂板试验

步骤 9：制备空白样板，如图 46 所示。



图 46 制备空白样板

步骤 10：按照系统提示安装样板，如图 47 所示。



图 47 安装样板

步骤 11: 按体统提示实施挂板操作，记录原始状态，并拍照。如图 48、49 所示。

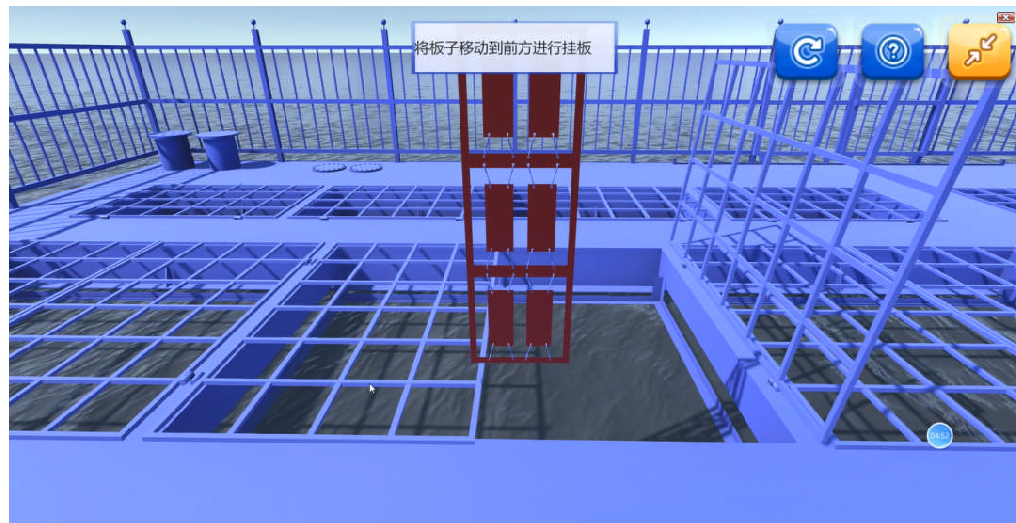


图 48 挂板操作

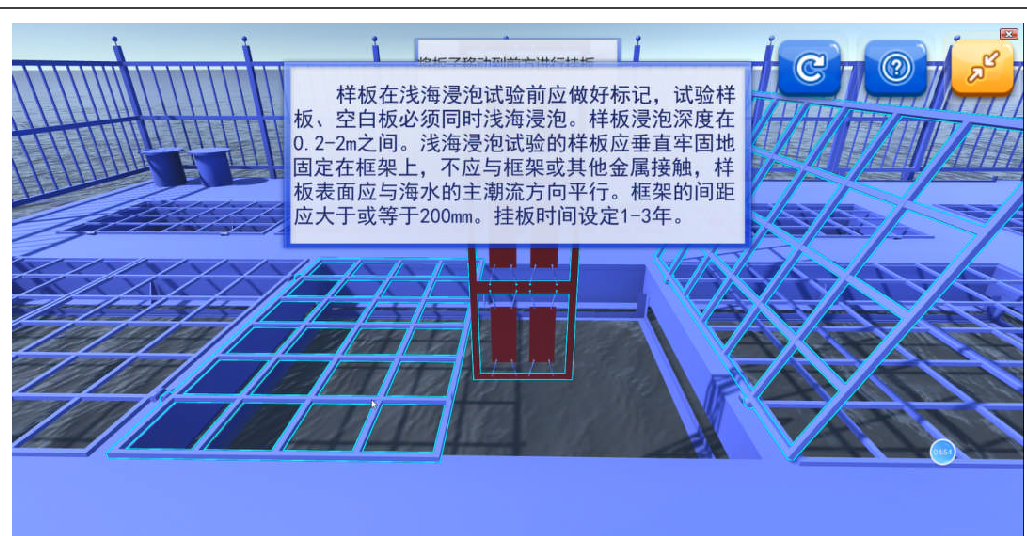


图 49 挂板操作说明

步骤 12：填写观察计划表，阅读观察注意事项说明，如图 50 所示。

	第一年												第二年											
月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
观察	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

开始观察

图 50 观察计划表

步骤 13：填写记录表，记录样板上海洋污损生物的附着数量及其生长状况，如图 51 所示。

编号	浸海时间	浸海地点	观察时间	涂料配套体系	照片编号及日期	漆膜状态	生物附着情况	生物生长情况
1								
2								
3								
4								

确定

图 51 记录表

步骤 14: 对漆膜物理状态进行评定判定试验样板表面漆膜无物理损伤则评定为 100, 从 100 扣除被破坏的面积百分数即可得到漆膜破损程度的评估。如图 52、53 所示。

当试验样板的污损生物覆盖面积大于多少时? 按国标中规定的防污性能评定85以下判定为防污性失效, 可终止试验, 并作为最终试验结果

☒ A. 10% ☐ B. 20% ☐ C. 30% ☐ D. 40%

确定

图 52 防污性失效评定

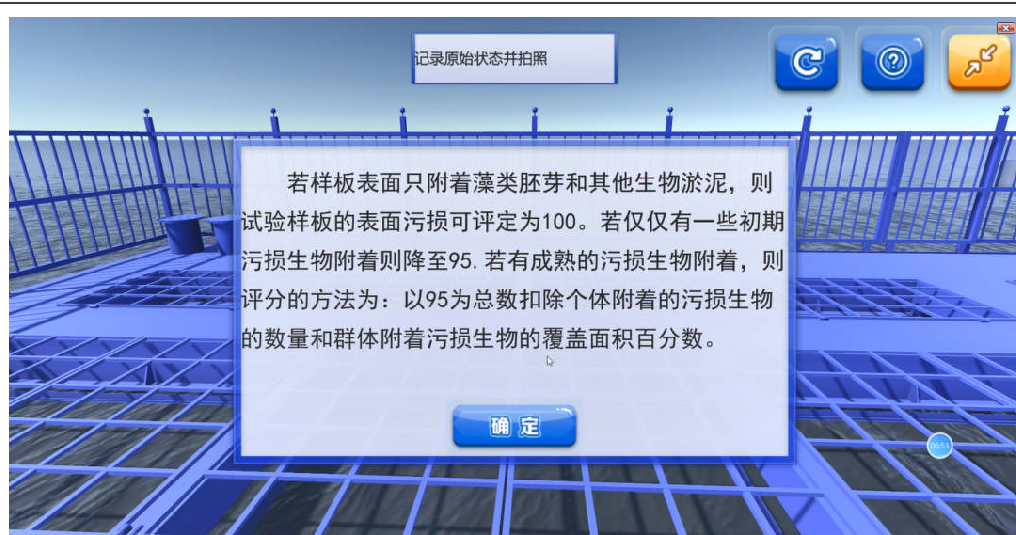


图 53 防污性能评分方法

检测实验三：盐雾腐蚀测试

步骤 15：参观设备，阅读说明文字，了解设备的细节、各部件的用途和使用注意事项，全部阅读完毕，系统弹出任务对话框，进行实验准备阶段。鼠标点击到某个部件时弹出对话框提示名称及作用说明。如图 54、55 所示。

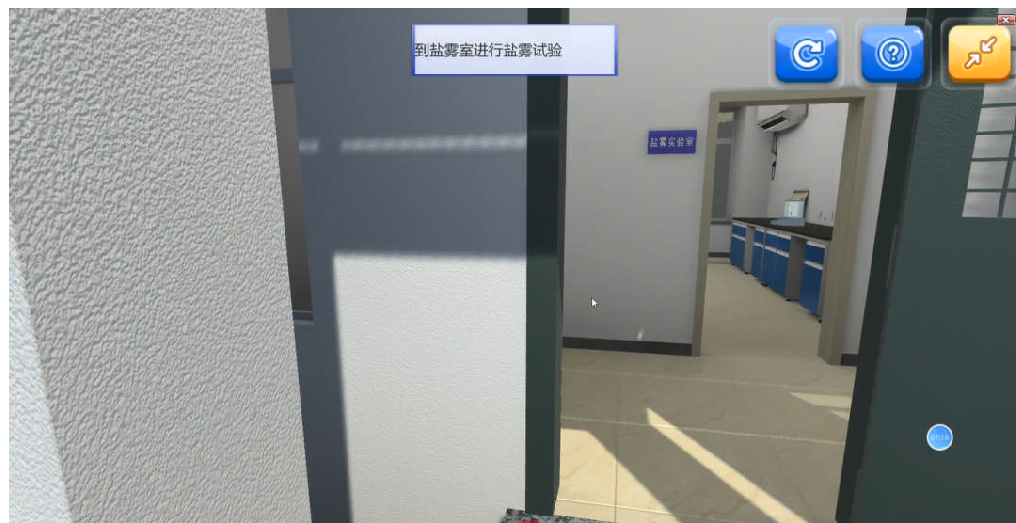


图 54 盐雾腐蚀实验提醒



图 55 设备浏览

步骤 16：检查电源、水管、气管等连接正确、完好。如图 56 所示。



图 56 检查水电

步骤 17：在盐水储存箱内加入调好的工业用盐水，往蒸汽发生器里加入去离子。如图 57、58 所示。



图 57 加盐水操作



图 58 加去离子水操作

步骤 18: 选择规则样板并安装样板。如图 59 所示。



图 59 样板安装

步骤 19: 温度调节: 通过 Left/Right 箭头选择温度调节, 按 Up/Down 箭头选择合适的测试温度。如图 60 所示。

步骤 20: 时间调节: 调节好时间后, 通过 Left/Right 箭头选择测试时间参数调节。按 Up/Down 改变测试时间。如图 60 所示。

步骤 21: 内置循环: 可通过按 Up/Down 箭头选择合适循环方式。按 Up/Down 选择所需的循环模式。本例以 ASTM B117 进行实验。如图 60 所示。



图 60 操作面板

步骤 22: 检查沉降率: 在工作室内任意位置采用面积为 80cm^2 的漏斗收集连续雾化 16 小时的盐雾沉降量, 平均每小时的沉降量为 $1.0\sim 2.0\text{mL}$ 为达标。如图

61 所示。

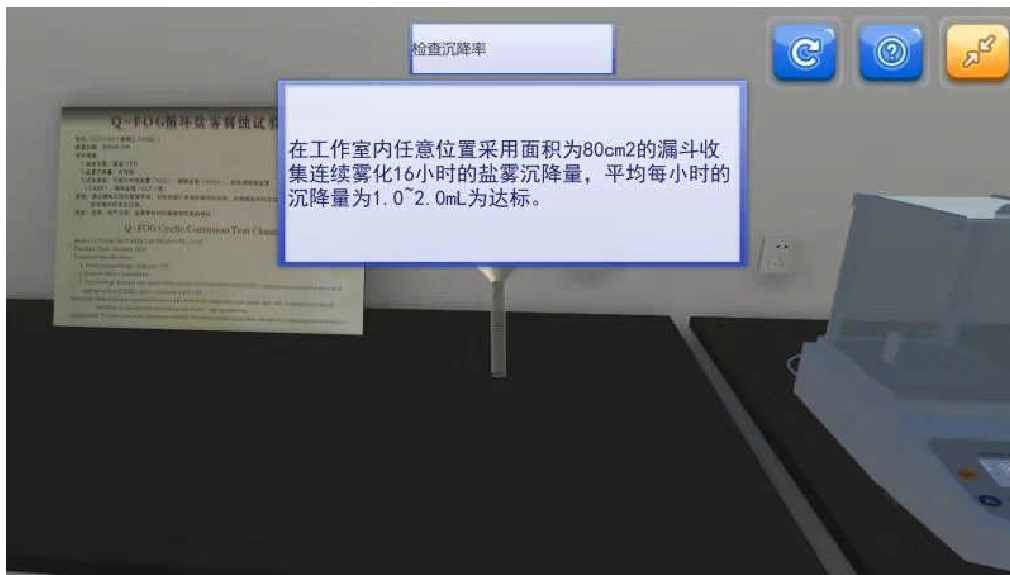


图 61 沉降率检查

步骤 23：气压、气流调节。如图 62 所示。

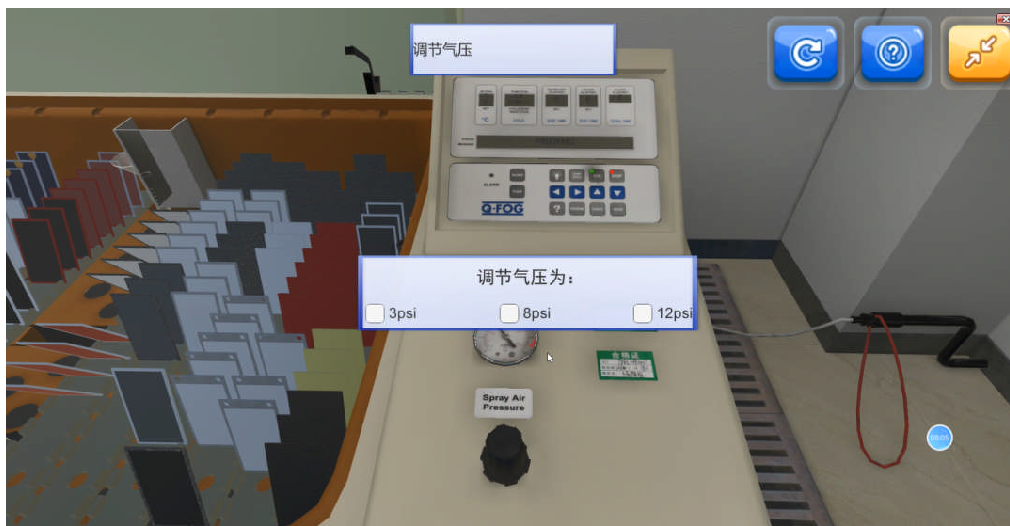


图 62 气压、气流调节

步骤 24：设置完成后显示总时间，按下 RUN 后，开始运行。鼓泡塔开始注水、加热，达到设定温度后喷雾嘴开始喷雾。并显示运行时间。如图 63 所示。



图 63 盐雾测试开始

步骤 25: 按照实验设定时间节点, 定时取样称重。如图 64 所示。

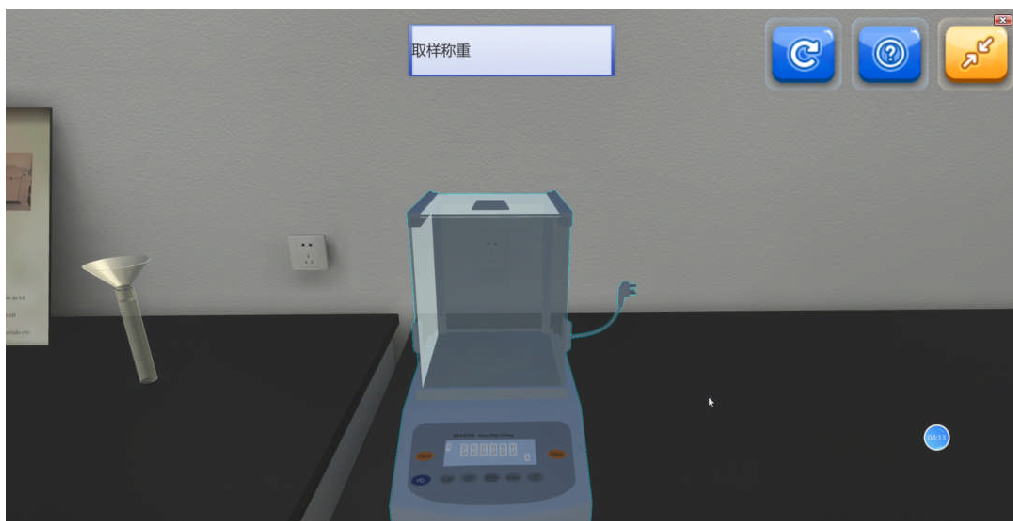


图 64 称重

步骤 26: 查看系统自动生成的可追溯的实验过程记录, 填写并上传实验报告。如图 65 所示。

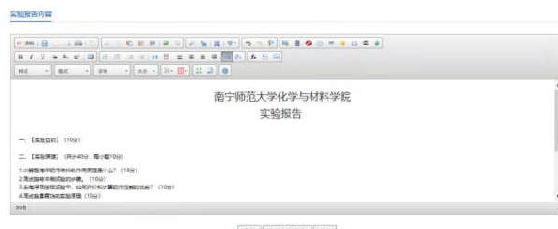


图 65 实验报告

步骤 28：退出系统

步骤 29：教师线上批阅实验报告，发布成绩

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：无

实验报告见附件几

2-10 考核要求

实验记录成绩占 50%，实验报告占 50%，评分标准、细则见附件几。

2-11 面向学生要求

- (1) 专业与年级要求

应用化学专业、高分子材料与工程专业、化学专业，大三

- (2) 基本知识和能力要求

完成化学类专业基础课程及“涂料化学与工艺学”、“高分子化学”、“胶体与表面化学”等课程的学习。

2-12 实验项目应用及共享情况

(1) 本校上线时间：2017 年 4 月

(2) 已服务过的本校学生人数：900 人

(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) (计划和大纲见附件)

(4) 是否面向社会提供服务：☒是 ☐否

(5) 社会开放时间：2018 年，已服务人数: 3000 人

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://hcxxy.gxyc.owvlab.net/virexp/tlgy>

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）

1) 基于公有云服务器部署的系统，5M-10M 带宽

2) 基于局域网服务器部署的系统，10M-50M 带宽

(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）

支持 100 个学生同时在线并发访问和请求，如果单个实验被占用，则提示后面进行在线等待，等待前面一个预约实验结束后，进入下一个预约队列。

 您好， 当前实验有3人正在排队 请稍等~~ 继续等待 刷新，尝试进入	
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 7 及以上 （2）其他计算终端操作系统和版本要求 无 （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） （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） 浏览器推荐使用 IE、Chrome、Firefox 等。	
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	
计算机硬件配置需求（最低）	计算机硬件配置需求（推荐）

中央处理器： Intel® Core™ i5-7400-3.0GHz-4 核 4 线程 内存： 8GB 硬盘空间： 100GB 图形处理器： NVIDIA® GeForce® GTX 960 显存： 2G 及以上 显示器： 16:9 分辨率 1280*720 及 以上 网络带宽： 10Mbps 操作系统： Windows 7	中央处理器： Intel® Core™ i5-8500-3.0GHz-6 核 6 线程 内存： 16GB 硬盘空间： 500GB 图形处理器： NVIDIA® GeForce® GTX 1060 显存： 4G 及以上 显示器： 16:9 分辨率 1920*1080 网络带宽： 50Mbps 操作系统： Windows 10 浏览器： IE、Chrome、Firefox 等
(2) 其他计算终端硬件配置要求 无	
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 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） 二 级	

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	海洋防污涂料生产及性能检测虚拟仿真项目的开放运行依托于开放式虚拟仿真实验教学管理平台的支撑，二者通过数据接口无缝对接，保证用户能够随时随地的通过浏览器访问该项目，并通过平台提供的面向用户的智能指导、自动批改服务功能，尽可能帮助用户实现自主的实验，加强实验项目的开放服务能力，提升开放服务效果。 开放式虚拟仿真实验教学管理平台以计算机仿真技术、多媒体技术和网络技术为依托，采用面向服务的软件架构开发，集实物仿真、创新设计、智能指导、虚拟实验结果自动批改和教学管理于一体，是具有良好自主性、交互性和可扩展性的虚拟实验教学平台。 总体架构图如下：
-------------------	---



	放运行的基础，负责整个基础系统的运行、维护和管理。支撑平台包括以下几个功能子系统：安全管理、服务容器、数据管理、资源管理与监控、域管理、域间信息服务等。 (3) 通用服务层 通用服务层即开放式虚拟仿真实验教学管理平台，提供虚拟实验环境的一些通用支持组件，以使用户能够快速在虚拟实验环境完成虚拟仿真实验。通用服务包括：实验教务管理、实验教学管理、理论知识学习、实验资源管理、智能指导、互动交流、实验结果自动批改、实验报告管理、教学效果评、项目开放与共等，同时提供相应集成接口工具，以便该平台能够方便集成第三方的虚拟实验软件进入统一管理。 (4) 仿真层 仿真层主要针对该项目进行相应的器材建模、实验场景构建、虚拟仪器开发、提供通用的仿真器，最后为上层提供实验结果数据的格式化输出。 (5) 应用层 基于底层的服务，最终海洋防污涂料生产及性能检测虚拟仿真项目教学与开放共享。该框架的应用层具有良好的扩展性，实验教师可根据教学需要，利用服务层提供的各种工具和仿真层提供的相应的器材
--	---

		模型，设计各种典型实验实例，最后面向学校开展实验教学应用。
实验教 学项目	开发技术	☐ VR ☐ AR ☐ MR ☐ 3D 仿真 ☐ 二维动画 ☒ HTML5 其他__WebGL_技术
	开发工具	☒ Unity3D ☒ 3D Studio Max ☒ Maya ☐ ZBrush ☐ SketchUp ☐ Adobe Flash ☐ Unreal Development Kit ☐ Animate CC ☐ Blender ☒ Visual Studio ☐ 其他_Photoshop__
	运行环境	服务器 CPU __6__核、内存__32__GB、磁盘__100__GB、 显存__0__GB、GPU 型号__无__ 操作系统 ☒ Windows Server ☐ Linux ☐ 其他 具体版本__ 数据库 ☒ Mysql ☐ SQL Server ☐ Oracle 其他____ 备注说明__（需要其他硬件设备或服务器数量多于1台时请说明）__
	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）	单场景模型总面数：900000 面 贴图分辨率：1024*1024 动作反馈时间：1 秒以内 显示刷新率：高于 30Hz（fps） 正常分辨率 1920*1080

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。）

我国在建筑涂料、工业防腐涂料、海洋防污涂料等方面都是全球最大的市场，广西北部湾港口集群是国家一带一路西南出海通道，连接具有丰富海洋资源和石油钻井平台的南海，陆地连接东南亚各国。同时，毗邻粤港澳大湾区，拥有大量海洋基础设施和船舶，迫切需要大量涂料方向的专业技术人才。海洋防污涂料的工业生产及性能检测是培养涂料专业技术人才非常重要的实验训练环节。

我校应用化学专业深入开展产教融合，开设应用化学涂料制备方向的产教融合实验班，建立了涂料化学与工艺学专业实验室。大部分建筑涂料和工业防腐涂料的原材料合成、基础涂料配方设计和基本性能检测都可以在实验室完成，但是海洋防污涂料生产企业少，成本高，特别是旋转冲刷和实海浮筏挂板需要在大型海上环境试验站中完成，实验时间长，海上实验危险系数高，盐雾腐蚀实验检测持续时间长，因此需要虚拟仿真实验让学生在虚拟环境中完成从涂料配方设计到生产实操再到实海性能检测的全过程，提高了学生的综合素质和实践能力。本实验项目的主要特色和创新点如下：

（1）实验方案设计思路：

本项在实验设计上本着以学生为中心的教学理念，融合了问题驱动、合作探究、开放性的实验结果设置以及反思式教学等创新设计思路，学生在实验过程中通过不断的思考、回答问题检验预习成果并推动实验进行；涂料配方设计环节需通过团队合作完成，锻炼了团队合作意识和思维；实验结论根据操作过程的不同具有开放性的结果，扩展了实验范围；实验步骤完成后，学生根据可追溯的实验记录，查看自己的失误与操作不当，反思实验过程，总结不足，加

深实验印象。如图 67 所示。

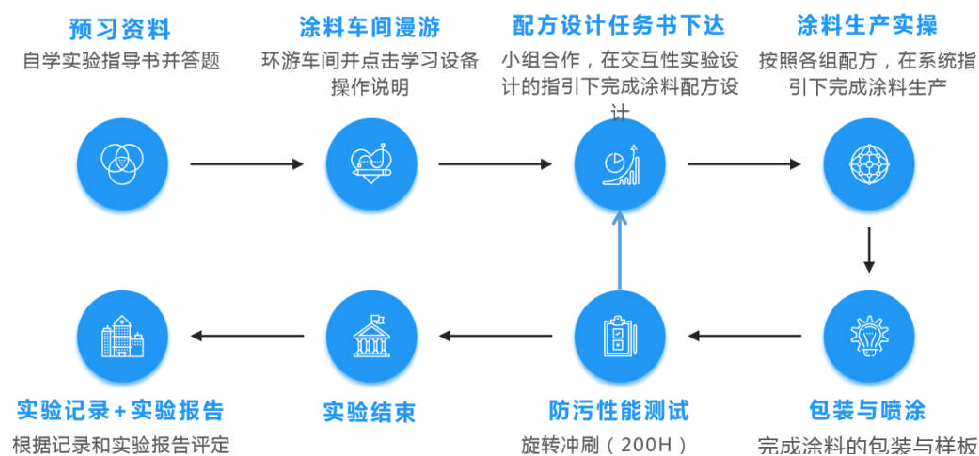


图 67 整体实验方案

(2) 教学方法创新：

本项目采用沉浸式、问题驱动式、人机交互式、自主式、合作式、反思式实验教学方法，致力于培养学生的自主学习的能力，分析问题解决问题的能力，团队合作的精神，以及自我反思的能力。本实验架构如图 68 所示，该虚拟仿真实验属于“海洋防污涂料的制备与性能检测综合实验”的一部分，实验室教学当中难以实现的配方设计、海洋防污性能检测、工厂实训部分可通过虚拟实验完成，虚拟实验当中设计出的涂料配方又可在实验室操作中得以验证，真正做到了“虚实结合、以虚补实”。

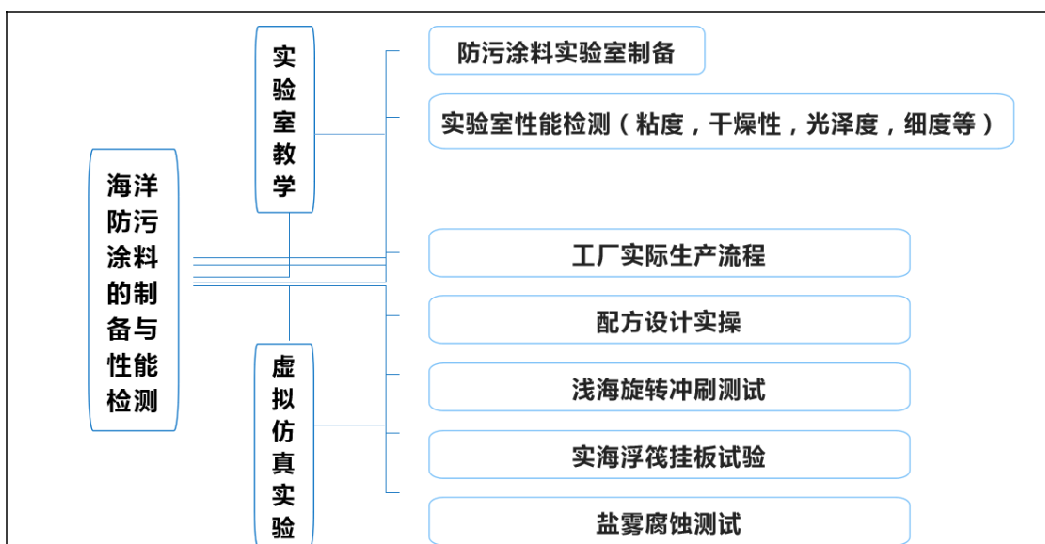


图 68 实验架构

（3）评价体系创新：

传统实验课程成绩一般由平时实验报告成绩、期末考试实验操作成绩及平时表现成绩组成。本项目中的交互性实验步骤设有打分机制，学生边操作边计分，当实验操作完成，通过实验记录表可直接查看实验操作得分，学生可通过反复练习刷新自己的实验操作成绩，最终成绩由实验操作成绩-实验报告-平时成绩组成。通过本虚拟仿真平台教学，构建“三位一体”的评价体系——可对理论知识（涂料的基本知识）、知识运用（涂料配方设计、动手实践）、实验过程（涂料生产过程、性能测试过程）进行综合评价。

（4）对传统教学的延伸与拓展：

传统实验室教学，学生需在指定地点，固定的时间内完成指定内容，而海洋防污涂料的工业生产具有规模大、细节多、周期长等特点，学生无法通过课程学习实际参与其中。另外，涂料的性能检测流程中存在有毒、时间长以及实验室条件无法实现等因素，学生在实习阶段也无法参与所有性能测试实训。本项目将传统实验教学进行了时间和空间上的延伸，通过交互性的实验设计实现了个性化操作，实验结论也因实验操作不同产生个性化差异，从而拓展了教学

内容，激发了学生的思考。

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:

海洋防污涂料的发展日新月异,本项目将与与时俱进的更新和调整涂料配方的设计和生产工艺,丰富配方种类,并逐步把飞溅区腐蚀、周期震荡、耐碱实验、紫外老化实验等实验周期长,实验空间限制和强腐蚀的检测项目补充进来,使该项目逐步覆盖海洋防污涂料和工业防腐涂料中所有在校内实验室难以完成的实验环节。在未来我们将与中船重工七二五所、国家涂料检测中心等专业检测机构及国内外著名涂料企业进行长期深入的产教融合合作,不断完善该项目。

(2) 面向高校的教学推广应用计划:

通过教育部虚拟仿真平台以及中国化学化工学会、教育部化学化工教学指导委员会或中国涂料协会等组织的专业会议面向全国高校进行推广和应用。

参照兄弟院校不同的教学大纲,开发本课程的教学资源,完善“海洋防污涂料生产及性能测试虚拟仿真实验软件”的资源建设。建立健全校际合作机制,加强软硬件建设,稳步推进校际资源共享。

2020-2022 年计划在广西壮族自治区内与兄弟院校实现“海洋防污涂料的制备及性能检测教学”的资源共享。

2022-2024 年计划与国内、特别是粤港澳大湾区的院校实现“海洋防污涂料的制备及性能检测项目”的资源共享。

预计服务人数: 5000 人

(3) 面向社会的推广应用计划:

通过与行业协会、专业培训机构、涂料性能检测机构、涂料行业的龙头企业的深层次合作,为更多社会机构、企业提供相关的服务资源,提供优质的岗前培训。特别是,经过四五年时间后,本专业的学生毕业后将会加快本平台的宣传度,在社会中影响力逐渐展开。本平台也会对社会的推广应用做出以下两点规划:

1) 2020-2022 年,为涂料性能检测院所、相关企业的新员工的岗前培训等提供便利;

2) 2022-2024 年,为海洋涂料应用商科普涂料的生产、质量评价过程。服务人数可达 10000 人以上。

7. 知识产权

软件著作权登记情况	
软件著作权登记情况	☒ 已登记 ☐ 未登记
完成软件著作权登记的,需填写以下内容	
软件名称	海洋防污涂料生产及性能检测虚拟仿真实训软件
是否与项目名称一致	☒ 是 ☐ 否
著作权人	南宁师范大学
权利范围	全部权利
登记号	2019SR0858963

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（必须提供）

（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“国家虚拟仿真实验教学项目”，学校将严格贯彻《教育部高等教育司关于加强国家虚拟仿真实验教学项目持续服务和管理有关工作的通知》（教高司函〔2018〕56号）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。

（其他需要说明的意见。）

主管校领导（签字）：

（学校公章）

年 月 日