

附件 4

2020 年度国家虚拟仿真实验教学项目申报表

学 校 名 称	浙江大学
实 验 教 学 项 目 名 称	深海沉积物的采集与微生物群落分析 虚拟仿真实验
所 属 课 程 名 称	海洋微生物学与实验
所 属 专 业 代 码	070701
实 验 教 学 项 目 负 责 人 姓 名	王品美
有 效 链 接 网 址	http://oc.zju.owvlab.net/vlab/shcjw.html

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	王品美	性别	女	出生年月	1982年5月
学历	研究生	学位	博士	电话	05802092277
专业技术职务	副教授	行政职务	无	手机	15888894994
院系	海洋学院海洋科学系			电子邮箱	wangpinmei@zju.edu.cn
地址	浙江省舟山市定海区浙大路1号浙江大学舟山校区			邮编	310027
<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>➤ 教学研究课题</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. MOOC项目《海洋微生物学》，浙江大学校级，2019-11至2020-08； 2. 虚拟仿真项目“海洋微生物资源研究虚拟仿真综合实验”，浙江大学校级，2019-07至2020-07。 <p>➤ 教学表彰/奖励</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 2019年浙江大学教学优质奖二等奖； 2. 2018年浙江大学青年教师教学竞赛三等奖； 3. 2018年浙江大学海洋学院青年教师教学竞赛三等奖； 4. 2016年浙江大学海洋学院永和奖教金优秀青年奖。 					
<p>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）</p> <p>➤ 近五年承担的学术研究课题</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 浙江省自然科学基金，一般项目，Y18D060005，海洋真菌来源聚酮合酶基因簇在构巢曲霉中的异源表达研究，2018-01至2020-12，主持。 2. 国家自然科学基金委员会，青年项目，41406141，海洋曲霉属真菌次级代谢产物生物合成基因簇的异源表达研究，2015-01至2017-12，主持。 3. 国家海洋局国际合作司项目，CBD框架下的海洋生物多样性研究，2017-01-01至2017-12-31，主持。 4. 教育部博士点基金，20130101120155，海洋真菌杂色曲霉新型生物碱生物合成基因簇初探，2014-01至2016-12，主持。 5. 国家自然科学基金委员会，面上项目，41976129，应用微藻-贻贝-蟹多级生物模型研究微塑料经食物链传递的过程与生物响应，2020-01至2023-12，主参。 <p>➤ 已发表的学术论文</p>					

1. Debnath SC[#], Chen C[#], Khan I, Wang WJ, Zheng DQ, Xu JZ and **Wang PM (王品美)** *. *Flavobacterium salilacus* sp. nov., isolated from surface water of a hypersaline lake, and descriptions of *Flavobacterium salilacus* subsp. *altitudinum* subsp. nov. and *Flavobacterium salilacus* subsp. *salilacus* subsp. nov. Int J Syst Evol Microbiol, 2020

2. Khan I[#], Debnath SC[#], Yan C, Chen C, Xu Y, Wang WJ., Yu YC., Zheng DQ, Xu JZ and **Wang PM (王品美)** *. *Flavobacterium ajazii* sp. nov., Isolated from Seaweed of Gouqi Island, China Current Microbiology, 2020: p. 1-8.

3. Xu JZ, Liu P, Li XY, Gan LS, **Wang PM (王品美)** *, Novel stemphol derivatives from a marine fungus *Pleospora* sp. Natural Product Research, 2019. 33(3): 367-373.

4. Debnath SC[#], Chen C[#], Liu SX, Di YN, Zheng DQ, Li XY, Xu XW, Xu JZ* and **Wang PM (王品美)** *, *Flavobacterium sharifuzzamanii* sp. nov., Isolated from the Sediments of the East China Sea. Curr Microbiol, 2019, 76(3): 297-303.

5. Sheng H[#], Qi L[#], Sui Y, Li YZ, Yu LZ, Zhang K, Xu JZ, **Wang PM(王品美)***, Zheng DQ*, Mapping chromosomal instability induced by small-molecular therapeutics in a yeast model. Applied Microbiology and Biotechnology 2019. 103(12): 4869-4880.

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	王品美	浙江大学	副教授	无	整体设计、 实验教学	项目负责人
2	王晓萍	浙江大学	教授	副院长	项目统筹	统筹规划
3	马忠俊	浙江大学	教授	所长 教管部部长	项目部署规划	资源协调
4	郑道琼	浙江大学	副教授	无	承担本实验 教学工作	在线教学 服务
5	邱雅楠	浙江大学	副教授	无	潜器采样模块 脚本撰写	在线教学 服务

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	徐金钟	浙江大学	副教授	副所长	微生物分析 脚本撰写	在线教学 服务
2	胡小倩	浙江大学	实验师	教管部副部长	教学推广	在线技术 服务
3	郝帅	浙江大学	助理实验师	无	教学管理	在线技术 服务
4	佟蒙蒙	浙江大学	副教授	副所长	深海采样模块 脚本撰写	在线教学 服务

5	李余动	浙江工商大学	教授	无	生物信息模块 脚本撰写	在线教学 服务
6	余雄辉	浙江大学	无	无	资料查找	在读研究生
7	杜鑫华	浙江大学	无	无	资料查找	在读研究生
8	于自强	北京润尼尔网 有限公司	产品经理	无	项目质量负责, 技术支持	技术支持
9	王志飞	圣庭生物科技 公司	无	总经理	提供高通量 测序资料	

项目团队总人数：14（人） 高校人员数量：12（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

深海沉积物的采集与微生物群落分析虚拟仿真实验

2-2 实验目的

(1) 开发虚拟仿真实验的必要性

深海微生物蕴藏着巨大的应用开发潜力，是国家重要的战略资源。目前，我国以“蛟龙”号、“深海勇士”号载人深潜器等深海装备体系，精准获取深海样品用于深海微生物种质与基因资源的研究与开发，为我国海洋科学发展提供有力支撑。《海洋微生物学及实验》是海洋科学领域的专业核心课程，线下实验可开展近海样品的采集与可培养微生物的分析，但因深海装备体系与高通量测序平台设备昂贵、周期和实践安全等原因，无法开展深海区域样品采集与不可培养微生物样品分析。开发深海微生物样品采集与分析虚拟仿真实验，以虚补实、虚实结合，开展线上线下混合式实践教学，既是对现有课程教学内容的必要补充，也是对课程教学模式的重要突破。本实验借助虚拟仿真实验进行沉浸式体验与教学，其必要性具体如下：

1) **真实实验危险性高。**载人深海潜因海况等不可抗因素极具风险，潜航员需经历心理、身体及专业等多方面层层训练与选拔，才可进行深潜器的下潜与操作；虚拟仿真实验，通过3D场景模拟无安全风险，无需特训就可使学生身临其境地进行深海探索。

2) **真实实验费用极高。**深海样品的采集需配备专业科考团队及载人深海

潜器等高端设备，耗费庞大的人力物力，同时，分析微生物群落的高通量测序平台涉及多个精密仪器，购置及运行费用高达千万；虚拟仿真试验一经开发可在线多次进行试验操作，费用低。

3) **真实实验步骤多，用时长。**从航次计划、深海下潜到样品采集，再进行高通量测序分析，一个完整流程涉及的步骤多，耗时至少数月，难以在短时间内串联实践，无法在线下教学实践中开展；虚拟仿真试验浓缩关键操作步骤，在4课时的操作中串联多步骤，集合学习、训练及考核模块，有利于学生记忆理解与应用。

(2) 虚拟仿真实验的目的

本仿真实验与线下实验虚实结合，**突破实践时空和设备仪器的限制，体现以学生为中心的实验理念**，以期达到以下实验目的：

1) **知识：**引导学生进行领域交叉与技术串联的自主学习、灵活学习与沉浸学习，学生通过本虚拟仿真实验的虚拟操作与结果分析比较，了解深海装备体系，掌握深海微生物样品采集与分析的基本知识、原理、要点与难点；

2) **能力：**令每位学生身临其境地体验深海样品采集与微生物群落分析的全过程，掌握深海探测、实验所需的仪器设备使用方法、实验步骤和数据分析方法，弥补线下实验中无法实操的步骤，极大提高学生学习的兴趣，锻炼与强化学生动手实操与思考能力；

3) **情感：**深海领域的探索与研究是海洋开发的前沿与制高点，其水平可体现出一个国家在海洋领域的综合科技实力。我国“蛟龙号”具备优越的海底作业能力，可在全球99.8%以上的海洋深处开展科学研究与资源勘探。通过本仿真实验，让学生直观感受深海领域的科学探索过程，领略中国制造与国之工匠的风采。

2-3 实验课时

(1) 实验所属课程所占课时：《海洋微生物学及实验》 实验占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

深海沉积物作为一种重要的深海环境记录载体，是海洋科学尤其是深海研究必不可少的基础研究材料。本实验虚拟载人深潜器搭载柱状采泥器，从深海多种环境中获得连续且无扰动的沉积物柱状样品，基于 16S rDNA 序列，利用二代高通量测序平台 MiSeq 分析深海沉积物的微生物群落，突破传统微生物不可培养的缺点，系统解析深海沉积物中的微生物多样性及其与深海环境的相关性，以实现可持续性地开发、利用与保护深海生物资源。

(2) 知识点：共 12 个

知识点 1：深海微生物栖息环境

海洋分为水层部分和海底部分，一般深度 200m 以下均被认为是深海的范围。典型的深海微生物栖息环境有海水、海洋沉积物等，其中热液口和冷泉是典型的深海极端环境。

知识点 2：海洋沉积物

海洋底部覆盖着各种来源和性质不同的物质，这些物质通过物理、化学和生物的沉积作用构成海洋沉积物。大陆边缘的沉积物主要来自陆源物理或化学作用产生的碎屑，而生物作用在深海沉积物中居重要地位，深海沉积物富含有机质，所含的微生物数量通常比海水多。

知识点 3：深海极端环境——热液口和冷泉

海水从地壳裂隙渗入地下，受炽热的熔岩加热成为热液，将周围岩层中的金、银、铜、锌、铅等金属溶入其中后从地下喷出，形成深海热液口 (hydrothermal vent)，也称为海底热泉。热液喷出温度为 60-350 °C，被携带出来的金属经化学反应形成硫化物，遇冰冷海水凝固沉积到附近海底，该区域生活着多种耐高温、耐高压、不怕剧毒、无需氧气的生物群落。

知识点 4：深海极端环境——冷泉

冷泉 (cold seep) 也称为冷渗口，因海底地质构造活动引起含天然气水合物溢出而形成。冷泉区域主要特征是硫化氢，甲烷和其他碳氢化合物丰富的流体渗漏，沉积物以碳酸盐岩和天然气水合物为主，其独特的环境孕育着多种特有物种。“冷”并不意味着渗流的温度比周围海水温度低，海底冷泉的温度与

周围海水温度相近或稍高，但相对海底热液口温度低。

知识点 5：微生物样品采集与储运要点

微生物采集要点有两点：在特定海区、特定深度采集到不受外界环境污染的样品；采集器械和操作中避免使用金属、橡胶等对微生物具有杀菌或毒害作用的物品直接接触样品。

采集到的微生物样品储存及运输要点包括：样品采集后 1~2 小时，常温条件下细菌先数目减少，后数目大量增加，种类的不断减少。用于微生物群落分析的样品需低温条件（-80℃或液氮保存），以减少其中的微生物种类和数量的变化。用于微生物群落分析的水样，一般需要 20L 过膜后收集滤膜进行分析；沉积物样品一般 1g 即可满足分析。

知识点 6：柱状采泥器

将水体底部沉积物以柱状形采出的装置，该装置的优势是不打乱沉积物的自然层次，可研究各层次的化学成分和生物在其中的垂直分布状况，有多种材质和规格选择。

知识点 7：载人深潜器下潜前的主要准备

载人深潜器下潜前需经过多次调试与试验，多方面的规划部署。潜航员需经历心理、身体及专业等多方面层层训练与选拔，才可进行深潜器的下潜与操作。作为科研工作者搭载深潜器进行深海样品采集，主要做好以下准备：了解深潜器的基本结构及使用原理；目标海域的基本概况（地质、天气、海流等）；明确下潜任务；相关仪器设备的正确安装与使用；个人与团队安全教育及应急预案。

知识点 8：不可培养微生物

微生物无处不在，其中仅有 1% 为可培养微生物，99% 的微生物为不可培养微生物。海洋环境极为特殊，更难以通过培养技术研究其微生物组成。目前，基于高通量测序技术的微生物群落分析已成为主流，无需培养分离微生物即可系统解析环境样本中的微生物多样性。

知识点 9：微生物群落分析

微生物群落分析是指对微生物群体进行高通量测序分析，基于测序分析获

得的序列构成，分析特定环境中微生物群体的构成或基因组成及功能。比较不同环境下微生物群落的构成差异，可以获得环境的标志性微生物群落或功能基因。目前的基本流程包括环境基因组提取——PCR 扩增子建库——上机测序——生物信息学分析四大步骤。

知识点 10: 16S rDNA

原核生物(细菌和古菌)核糖体 RNA(ribosomal ribonucleic acid, rRNA)按沉降系数分为 3 种,分别为 5S、16S 和 23S rRNA。16S rRNA 与蛋白质结合形成原核生物核糖体的小亚基,16S rDNA 是编码 16S rRNA 的基因,存在于几乎所有的原核生物染色体基因中。16S rDNA 是原核微生物研究中最常用的“分子钟”是目前微生物群落分析主要采用的目标序列。16S rDNA 序列约 1540bp,包含 9 个可变区(V1-V9)和 10 个保守区。V1-V9 可变区因不同细菌而异,其变异程度与细菌系统发育密切相关。保守区设计引物(如 341F&805R),经扩增与测序进行细菌的分类鉴定。基于高通量测序的读长特点(150-250 bp×2)和研究经验,V3-V4 区的长度合适(~428bp),所含序列信息可较准确反映细菌的分类地位。

知识点 11: PCR 扩增子建库

测序文库构建,简称建库,是高通量测序技术的基础,其本质是在待测片段两端加上接头的过程。按接头连接方式不同可分为五类,其中对于微生物群落分析的扩增子高通量测序,是通过两轮聚合酶链式反应(Polymerase Chain Reaction, PCR)连接接头,称为 PCR 扩增子建库。

知识点 12: OUT 聚类及注释

OTU(Operational Taxonomic Units)是在生物信息分析中,人为将序列按照相似性分归为许多小组,一个小组就是一个 OTU。在细菌 16S 多样性研究中,目前主要按照序列 97%的相似性进行 OTU 聚类。为得到每个 OTU 对应的物种分类信息,将 OUT 与 16S rRNA 基因数据库(RDP、SILVA 或 GreenGenes 等)进行比对分析,在各个分类水平:domain(域),kingdom(界),phylum(门),class(纲),order(目),family(科),genus(属),species(种)统计各样品的群落组成。

2-5 实验仪器设备（装置或软件等）

(1) 实体实验设备：

计算机、网络

(2) 虚拟实验设备：

该虚拟仿真实验主要有“载人深潜器系统认知”、“深海沉积物样品采集”和“深海微生物群落分析”三个模块（图1）。



图1 本虚拟仿真实验的三个模块。

每个模块虚拟的实验仪器具体如下：

模块1——“载人深潜器系统认知”

该模块涉及虚拟的实验仪器设备是“蛟龙号”载人深潜器（图2）。



图2 模块1虚拟仿真的“蛟龙号”载人深潜器

模块2——“深海沉积物样品采集”模块

该模块主要涉及的实验仪器有CTD温盐深仪（图3A）、柱状采泥器（图3B）和液氮罐；卡盖式采水器、抓斗采泥器和箱式采泥器为海洋科学样品采集的常用设备，该模块中仅做简单介绍。



图 3 模块 2 虚拟仿真的 A) CTD 温盐深仪和 B) 柱状采泥器。

模块 3——“深海沉积物群落分析”模块

该模块主要涉及的实验设备仪器有、移液枪、桌面离心机、振荡器、电泳泳仪、凝胶成像仪、Nanodrop 核酸检测仪、掌上离心机、PCR 仪、Aligent4200 生物分析仪、Qubit 检测仪和 MiSeq 高通量测序仪等，部分仪器虚拟仿真的展示图请见图 4。该模块涉及软件是 vsearch 的分析程序包，本实验模拟该分析包的操作界面进行关键的生物信息学分析（图 5）。

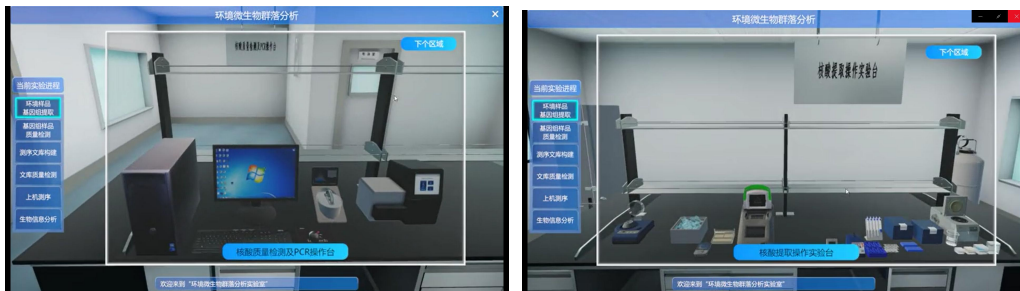


图 4 模块 3 虚拟仿真的部分仪器设备展示图。



图 5 模块 3 虚拟仿真的 VSEARCH 分析程序包的操作界面。

2-6 实验材料（或预设参数等）

实验材料均为虚拟的试剂和耗材

(1) 虚拟的实验试剂

该实验虚拟仿真的实验试剂包括：土壤样品基因组提取试剂盒，内含菌体

裂解液、杂质清除剂、高盐缓冲液、75%乙醇溶液和 ddH₂O；琼脂制糖电泳凝胶；DNA marker；电泳上样缓冲液；引物；DNA 聚合酶混合液；磁珠纯化试剂；Qubit 检测工作液；测序变性试剂；测序缓冲液；测序试剂盒 Reagent Cartridge。

(2) 虚拟的实验耗材：

实验虚拟仿真的实验试剂包括：1.5mL 和 50mL 离心管；离心管架；基因提取的 Spin Column；测序芯片 Flowcell。

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）

(1) 采用的教学方法

虚拟仿真实验软件是信息技术与实验技术的深度融合产物，极大地拓展了学生的学习资源和空间，适应了现代技术的发展，丰富了学生学习模式，解决了线下实验教学中重要却难以开展实验内容的难题。

本虚拟仿真实验项目是“海洋微生物学及实验”课程中微生物群落分析中的一个重要组成部分。教学过程中，**线下教学内容**是讲授法介绍海洋微生物群落组成的理论知识，实际实验操作进行近海样品采集和可培养微生物的分离培养与鉴定；**线上教学内容**包括宏基因组学技术视频教学、深海沉积物的采集与微生物群落分析虚拟仿真实验项目。通过这样线上线下的混合式教学方式，**将讲授法、现实操作、视频教学和虚拟仿真项目结合起来，形成一个海洋微生物学实验教学体系**，使学生学习和掌握海洋微生物采集与分析的主流技术和方法。学生可以利用课内课外的实践学习，在基本知识学习和实验技能训练的基础上，通过观看引导视频、查阅学习模式和操作训练模式，自主完成虚拟仿真实验项目，进行考核模式检测学习效果。实验项目强调以学生为中心的实验教学理念，将学习资源和空间开放，老师指导和学生自主学习相结合，鼓励学生通过自主学习完成相关的实验项目内容和进行知识的查漏补缺，培养学生自主学习、获取知识与勤于思考的能力，培养学生的学习兴趣和发现问题、解决问题的能力。

本项目结合深海装备系统采集沉积物的真实案例和最新深海微生物研究成果，实现了海洋工程技术与海洋科学研究的结合，体现了教学与科研的相辅

相成。项目中采集的样品是深海环境中不同类型（非极端环境、冷泉和热液口）的沉积物，经过虚拟的微生物群落分析后，实验结果展示的是对应类型沉积物的微生物组成数据，该数据来源于近五年深海微生物领域的研究数据，学生通过自主选择不同类型的沉积物进行流程操作，了解海洋微生物分析的常规流程，最后结合其它类型沉积物的微生物群落组成数据进行比较分析，理解与掌握微生物群落与其生存环境的关系。

(2) 教学方法使用目的

通过这种线上线下的实验教学方式，目的是让学生系统性地学习和掌握海洋微生物群落研究与分析的主要技术和方法，增加学生的知识储备、实验操作技能和研究分析能力。本虚拟仿真实验项目的目的是：结合深海装备系统和高通量测序技术发展的前沿，使学生掌握深海沉积物样品采集和微生物群落分析的研究思路、主要实验技术与方法，培养学生自主学习能力、拓展性思维能力和创新性思维能力。这也符合教育部和浙江大学的人才培养目标的要求，为学生今后在海洋科学领域的学习、科工交叉领域的研究和工作奠定基础。

本项目通过**基于我国先进深海装备实例和高通量测序前沿技术**，让学生直观感受深海领域的科学探索过程，满足学生对深海领域和先进前沿技术的好奇心和求知欲，领略中国制造与国之工匠的风采。激发学生的爱国主义情怀和探索求知的欲望，培养学生的学习兴趣，拓展学生的视野，深化学生对理论知识和前沿技术的理解。该项目具有普惠性，适用于海洋科学、微生物学、生物信息学等相关学科的实验教学内容。

(3) 实施过程

学生登录虚拟仿真实验平台网址：<http://oc.zju.owvlab.net/vlab/shcjw.html>（图6），根据需要选择相关的栏目或实验进行学习或操作。



图 6 本虚拟仿真实验界面。

本实验项目教学过程如图 7 所示。学生首先观看简介和引导视频，查阅和了解实验简介和实验要求，点击“开始实验”开始操作过程，通过知识学习、自主学习和教师讲解了解项目相关的背景知识；完成实验前的预习和翻转课程抽查提问后，开始训练模块的操作，线上有相关的专业教师进行集中教学管理和考核管理，并在线回答学生的疑问；学生完成考核模块以及测试项目后，系统自动给学生在线完成的考核模块成绩与测试题成绩，最后学生提交实验报告和学习体会与建议。

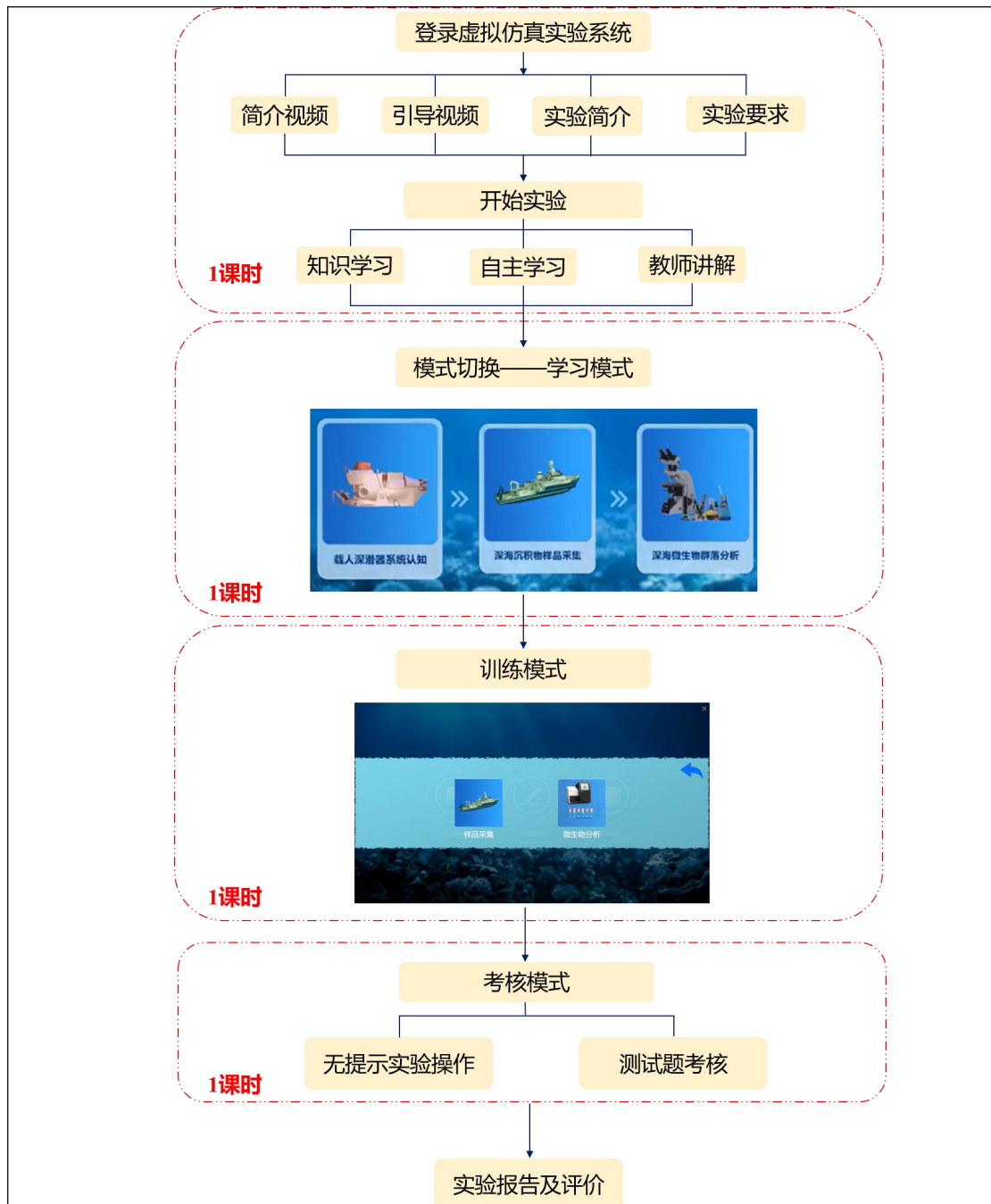


图 7 教学实施过程示意图。

(4) 实施效果

在本虚拟仿真实验项目开发前，相关的深海微生物样品采集和微生物群落分析教学内容主要局限于理论教学，学生缺少真实的体验。学生对于深海装备系统、高通量测序及生物信息学分析没有深刻的认识，所学相关的知识零碎片段化，无法系统串联应用这些技术开展实验。

本虚拟仿真实验项目科工结合,以我国先进深海装备和高通量测序平台实例为原型设计,虚拟的深海环境、深海采样与实验过程,真实的前沿研究结果。实验项目开始以深海环境与载人深潜器吸引学生,引发学生的学习兴趣 and 探知域,三种不同类型深海环境的选择让学生更有自主选择权。学生完成虚拟实验后,结合不同类型的深海环境结果进行比较分析,更深刻认识与理解深海微生物与其生存环境的关系。

学生对能在四课时这么短的时间内学习和操作多个高精端设备,并应用先进的实验技术,系统完成“深海样品采集——微生物群落的高通量测序——生物信息学分析”的过程感到非常满意,极大增加了学生的知识储备,拓展学生视野。通过问卷调查和学习体会等方式收集学生对本虚拟仿真实验项目的意见与建议,学生对虚实结合开设此类实验内容的满意度达 100%。由于项目开发应用时间较短,参与项目的学生数量有限,所以目前难以评判本项目对他们后续学习和研究所发挥的作用。

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:

本项目教学时长为 4 学时,项目结构包括 6 部分(图 8),包含 3 种模式部分:**学习模式**下分 3 个模块进行基础知识的学习;**训练模式**是有提示的实验操作,共涉及 9 个实验步骤;**考试模式**是无提示计算失分点的实验操作。

9 个实验步骤(4.1-4.9)系统串联了深海样品采集和微生物分析,学生在训练/考试模式的虚拟实验中共有 45 步的交互性操作。



图 8 本虚拟仿真项目结构图。

(2) 学生交互性操作步骤说明：

以下展示虚拟实验操作的主要步骤，选择部分截屏展示，全部交互操作详见虚拟仿真实验项目。

学生登录虚拟仿真实验平台，根据需要选择简介视频、引导视频、实验简介和实验要求完成“1.项目介绍”的部分（图9）。之后，点击开始实验进入实验界面，选择知识学习，了解实验概述、技术背景和技术原理（图10），完成“2.知识学习”部分。



图9 学生登录后本实验项目界面。



图10 知识学习界面。

点击模式切换选择学习模式（图11），进行模块1-3的知识点梳理。学习模式下的“模块1 载人深潜器系统认知”是以3D形式展示载人深潜器和海洋领域常用设备（图12）；“模块2 深海沉积物样品采集”介绍知识点1-7（图13）；“模块3 深海微生物群落分析”介绍知识点8-12。

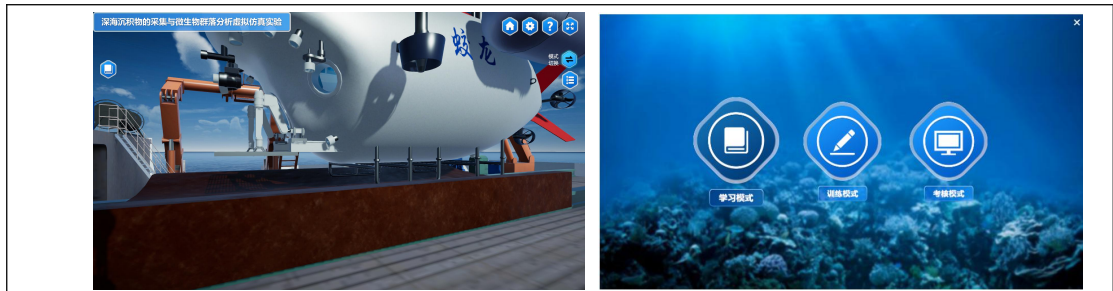


图 11 模式切换界面。



图 12 学习模式下模块 1-3 及模块 1 展示图。

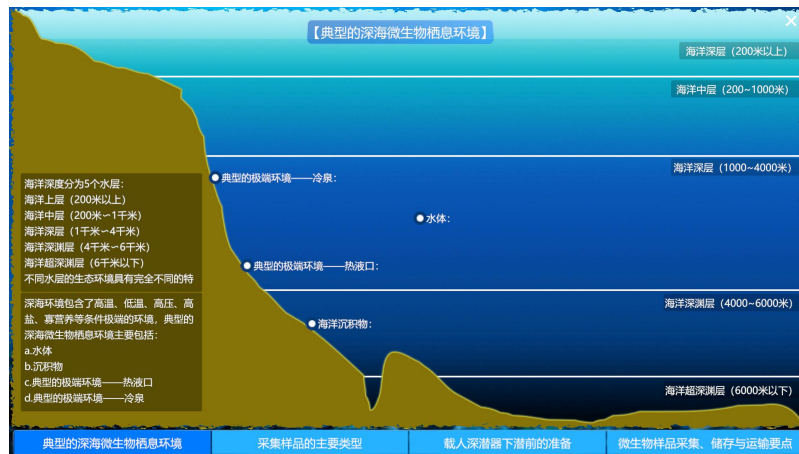


图 13 学习模式下“模块 2 深海沉积物样品采集”的界面。

在学习模式中了解知识点后，点击训练模式进行虚拟实验步骤操作，训练模式下有操作提示，系统记录操作分数，所有步骤均操作即满分通过，步骤无法跳步，不计对错；考核模式下，无操作提示，其中 25 步交互操作有失分记录和统计（图 14），扣分达上限系统自动跳出正确答案，跳到下一步继续实验。

考核模式实验操作评定			
考核模式操作总分100分, 您本次考核模式操作得分 97 分。以下为得分明细:			
样品采集	分值	失分	失分解析
4.1 制定下潜计划			
交互性操作1-作业海域选择	12	1	冷泉区域应选择5号采样点
交互性操作2-作业时间选择	3		
4.2 选择搭载设备			
交互性操作3-搭载设备选择	4		
4.3 下潜采集沉积物			
交互性操作6-选择位置采样	4		
4.4 沉积物样品处理			
交互性操作7-样品保存方式选择	2		
4.5 微生物群落分析步骤			
交互性操作8-分析步骤排序	6		
交互性操作9-试剂盒选择	2		
交互性操作11-提取步骤选择	5		
交互性操作14-提取步骤选择	3		
交互性操作16-提取步骤选择	2		
交互性操作19-提取步骤选择	2		
交互性操作24-Nanodrop结果分析	2		
交互性操作25-电泳胶放置方向	2		
交互性操作27-电泳结果分析	3		
4.7 PCR建库			
交互性操作28-PCR体系计算	10		
交互性操作29-PCR程序设置	6	1	延伸时间与片段长度有关
交互性操作33-Agilent结果分析	4		
4.8 高通量测序			
交互性操作35-DNA摩尔数计算	4		
交互性操作36-配制测序样品	2		
交互性操作38-测序特点选择题	2		
4.9 生物信息学分析			
交互性操作39-质控结果选择	2		
交互性操作40-序列拼接	5		
交互性操作41-过滤数据选择	2	1	未选择PCR重复序列
交互性操作42-操作步骤选择	4		
交互性操作43-OTU聚类	5		

图 14 考核模式实验操作评定。

4.1 制定下潜计划

交互性操作 1-根据三个不同的任务目标选择合适的实验海域（图 15）。三个不同任务分别对应深海热液口、深海冷泉与深海非极端环境的实验海域，学生可选择不同的任务，根据不同任务选择合适的实验海域，涉及知识点 1-4 和 7。



图 15 交互性操作 1-任务目标及实验海域的选择。

交互性操作 2-根据天气预报选择合适的下潜作业时间（图 16），涉及知识点 7。交互性操作 1 和 2 之后生成航次下潜任务要点（图 17）。



图 16 交互操作 2-下潜作业时间的选择。

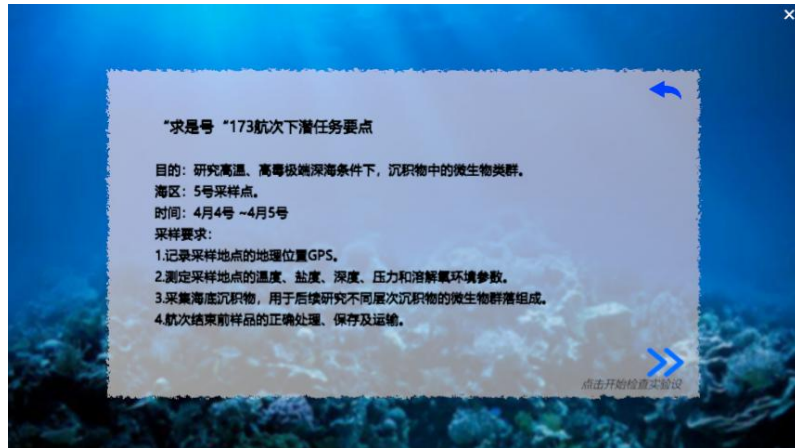


图 17 交互性操作 1 和 2 之后生成航次下潜任务要点。

4.2 选择搭载设备

交互性操作 3-根据下潜任务要点（图 17），选择合适的搭载设备（考虑设备材质、规格及数量）（图 18），涉及知识点 5-7。



图 18 交互性操作 3-选择搭载设备。

交互性操作 4-下潜作业前机械手臂等设备检查（图 19），涉及知识点 7。检测无误后前往作业海域（图 20）。

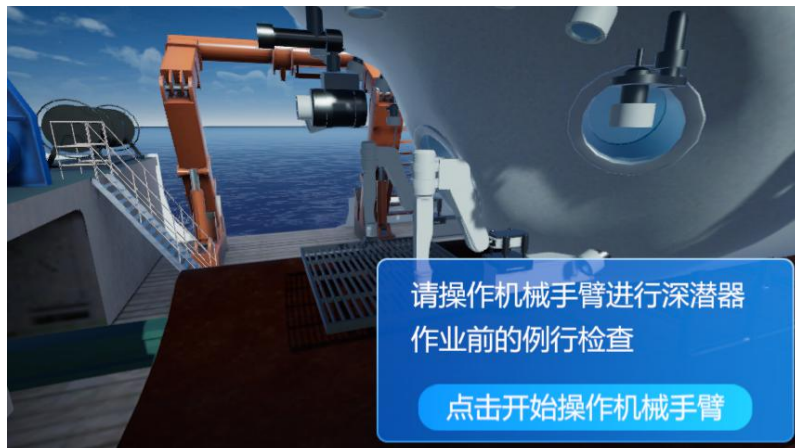


图 19 交互性操作 4-下潜作业前机械手臂等设备检查。



图 20 交互性操作 4-检测无误后前往作业海域。

4.3 下潜采集沉积物

交互性操作 5-到达采样区域范围，检查下潜作业前各项目，开始下潜作业，下潜后打开照明灯（图 21），涉及知识点 7。

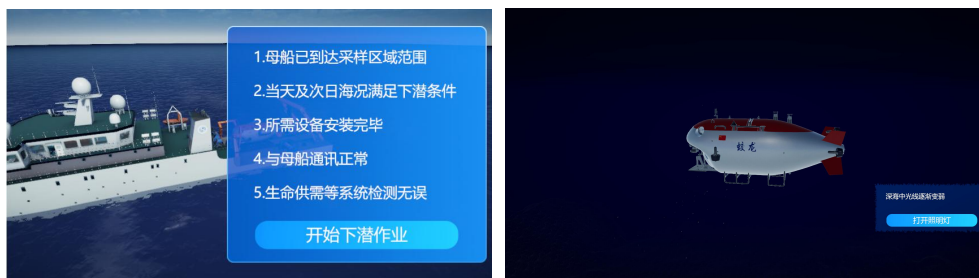


图 21 交互性操作 5-下潜作业前各项检查与下潜后照明灯。

交互性操作 6-下潜后控制深潜器方向，操作中可切换深潜器内外视角，选择合适采样位置采集样本（图 22）。如选择生物密集区或岩石区，则柱状采泥器无法下柱，系统报错，重新选择位置采集样本。涉及知识点 6。



图 22 交互性操作 6-控制深潜器方向，选择合适位置开始采集样本。

4.4 沉积物样品处理

交互性操作 7-柱状采泥器采集沉积物样品后，取顶层和底层沉积物样品装入离心管内，进行合适的保存方式液氮保存（图 23）。涉及知识点 5。

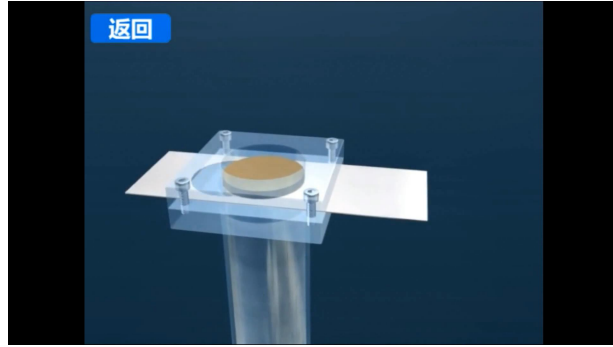


图 23 交互性操作 7-柱状样取样保存部分画面。

4.5 微生物群落分析步骤

交互性操作 8-将环境微生物群落分析的主要步骤进行排序（图 23）。涉及知识点 9。

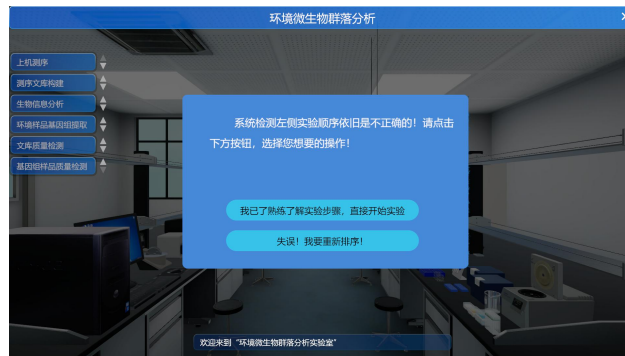


图 24 交互性操作 8-主要步骤排序。

4.6 沉积物基因组提取（涉及知识点 9）

交互性操作 9-选择沉积物基因组提取适合的试剂盒（图 25）。

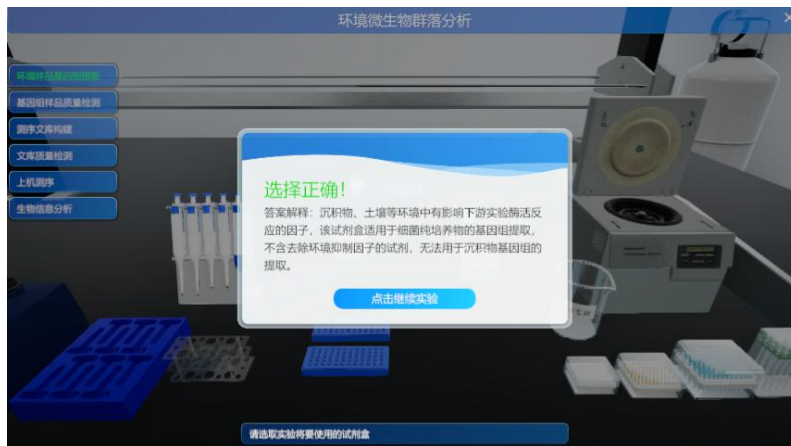


图 25 交互性操作 9-选择合适的试剂盒操作。

交互性操作 10-从液氮罐中取出沉积物样品，将沉积物样品转移到裂解管中，标记样品。涉及知识点 9。

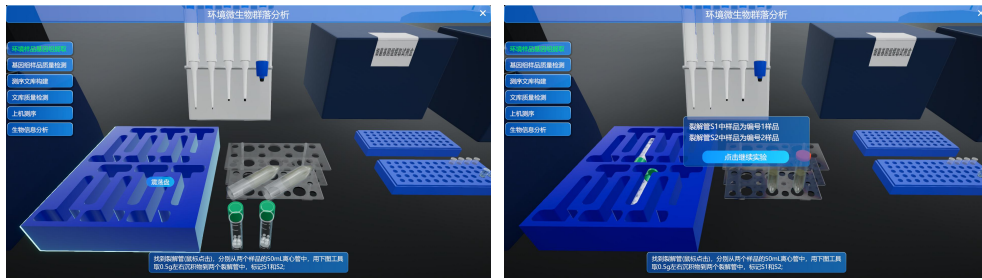


图 26 交互性操作 10-沉积物样品的转移。

交互性操作 11-选择正确环境基因组提取步骤进行下一步操作（图 27）。涉及知识点 9。

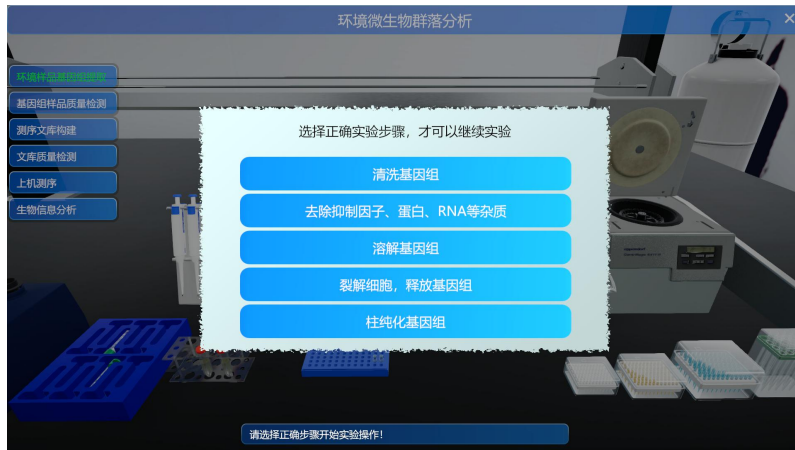


图 27 交互性操作 11-选择环境基因组提取步骤进行下一步操作。

交互性操作 12-选择试剂盒中细胞裂解液试剂，选择移液器加入试剂到样品中，进行振荡裂解细胞（图 28）。涉及知识点 9。

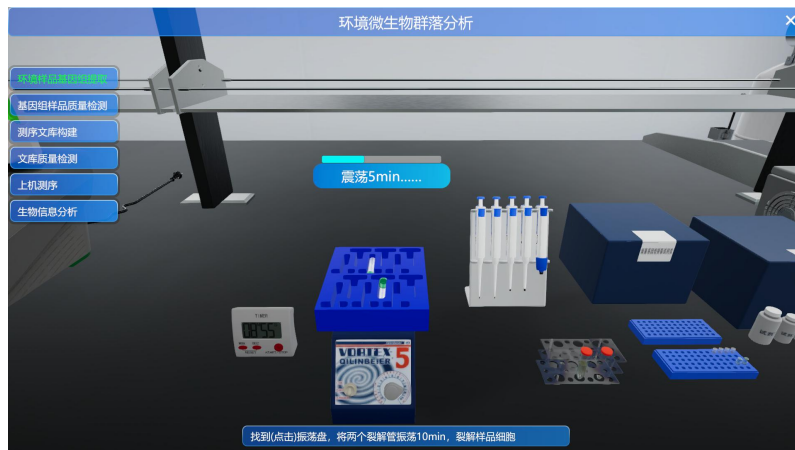


图 28 交互性操作 12-加入细胞裂解液振荡裂解细胞，释放基因组。
交互性操作 13-选用桌面离心机离心，取上清到新的灭菌离心管中。
交互性操作 14-选择正确环境基因组提取步骤进行下一步操作（图 29）。
 涉及知识点 9。

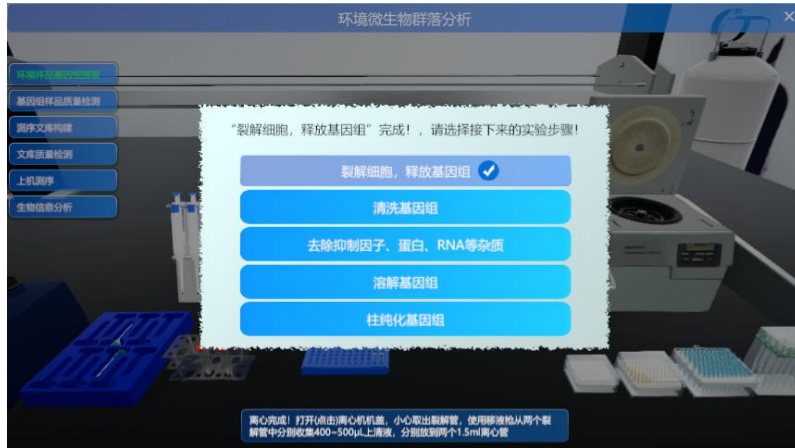


图 29 交互性操作 14-裂解细胞离心转移上清后选择下一步正确操作。

交互性操作 15-选择试剂盒中去除杂质的试剂，选择移液器加入试剂到样品中，离心取上清到新的 1.5mL 离心管中（图 30）。



图 30 交互性操作 15-加入去除杂质的试剂离心等步骤。

交互性操作 16-选择去除杂质离心后下一步操作步骤柱纯化基因组。
交互性操作 17-选用试剂盒中的高盐试剂加入到样品中，上下振荡混匀后，转移到试剂盒中的 Spin Column，进行离心弃滤液。
交互性操作 18-选择柱纯化基因组后下一步操作步骤。
交互性操作 19-选用试剂盒中的 75%乙醇试剂加入到 Spin Column 中，进

行离心弃滤液。此步骤重复一次。

交互性操作 20-选择清洗基因组后下一步操作步骤溶解基因组。

交互性操作 21-更换 Spin Column 下面的离心管，打开管盖干燥 5min，使乙醇挥发干净，选择移液器加入 ddH₂O 溶解 Spin Column 膜上的基因组 DNA，离心收集。

交互性操作 22 选择基因组样品质量检测，电泳检测和 Nanodrop 检测，二者无先后之分，均要进行（图 31）。

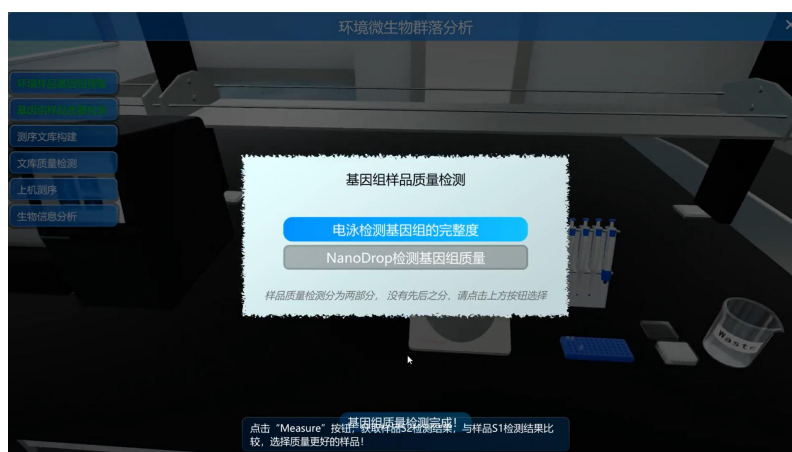


图 31 交互性操作 22-基因组样品质量检测方法选择。

交互性操作 23-Nanodrop 检测提取基因组质量，移液器吸取 ddH₂O 清洗，纸巾擦拭干净，移液器吸取 ddH₂O，点击 Blank 调零，纸巾擦拭干净，移液器吸取基因组样品 S1，点击 Measure 测定。

交互性操作 24-Nanodrop 检测结果判断与选择，哪个是基因组质量合格的样品，可进行下一步操作（图 32）。

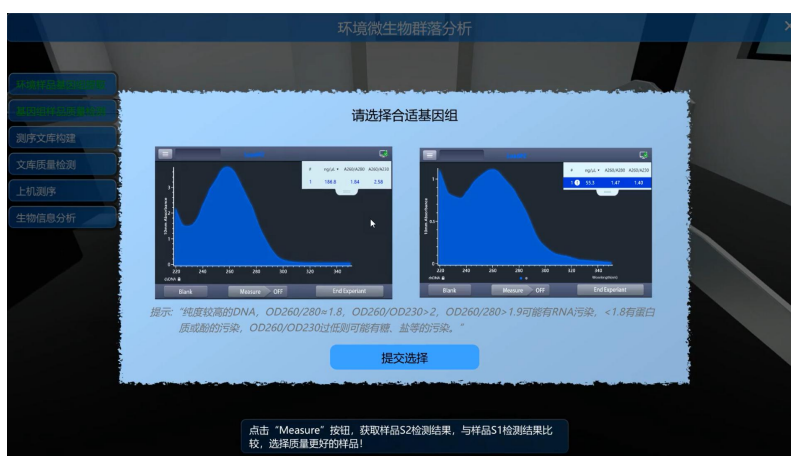


图 32 交互性操作 24-Nanodrop 检测结果判断。

交互性操作 25-电泳检测基因组完整性，进行电泳时，选择琼脂糖凝胶的放置方向。（图 33）。



图 33 交互性操作 25-琼脂糖凝胶的放置方向的选择。

交互性操作 26-用移液器加 DNA marker 到凝胶上样孔中，取部分基因组样品 S1 和 S2 分别与上样缓冲液混匀，加入到凝胶的上样孔中。

交互性操作 27-电泳结束后电泳结果图的判断，选择基因组 DNA 完整性高可进行下一步操作的结果图（图 34）。

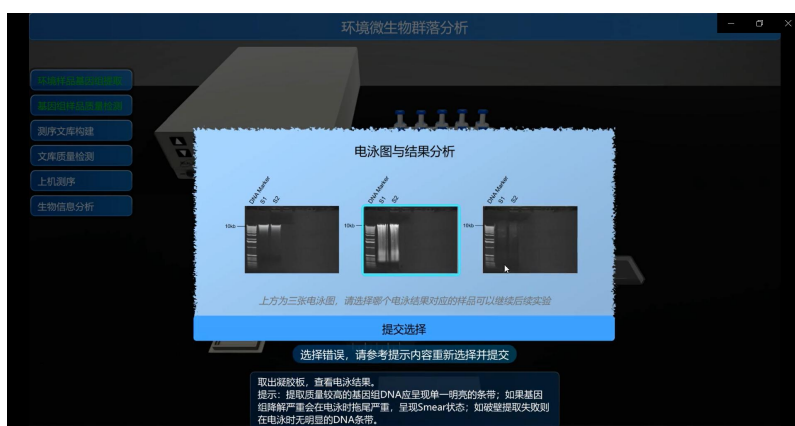


图 34 交互性操作 27-琼脂糖凝胶的放置方向的选择。

4.7 PCR 建库（涉及知识点 10、11）

交互性操作 28-准备在冰上配制 PCR 体系进行建库，配制前进行体系的计算（图 35）。

请计算PCR体系各成分所需体积

PCR体系各成分 (浓度)	体积 (μL)
基因组模板 (100 ng/μL)	
正向引物 (10 μM)	
反向引物 (10 μM)	
2 × DNA聚合酶混合液	
ddH ₂ O	
总体积 25 μL/管	

1 0.5 0.5 12.5 10.5

图 35 交互性操作 28-PCR 体系计算。

交互性操作 29-在冰上配制 PCR 反应体系,掌上离心机混匀,放置到 PCR,设置 PCR 反应程序,开始进行 PCR。

动画播放 PCR 原理,加深对 PCR 的理解。

交互性操作 30-磁珠法回收 PCR 片段操作。

交互性操作 31-以回收 PCR 片段为模板,进行第二轮 PCR 反应,这轮 PCR 从简操作。

交互性操作 32-点击 Agilent 4200 仪器,加入建库样本,点击 Start 检测 DNA 片段均一度 (图 36)。

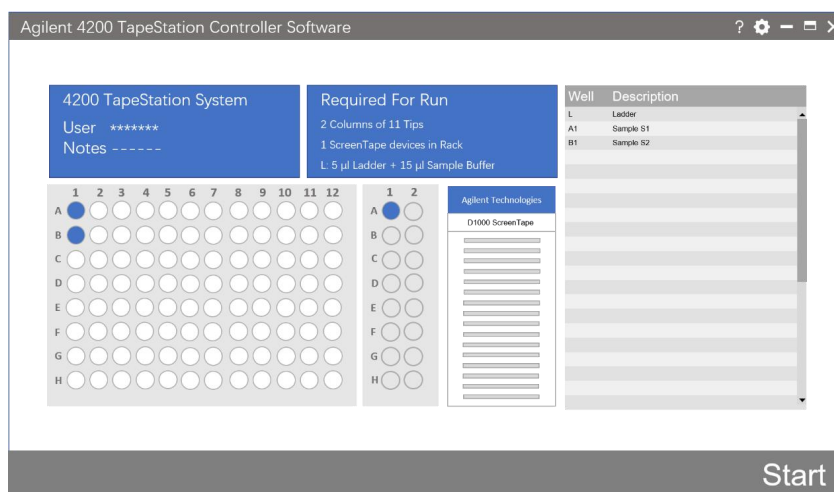
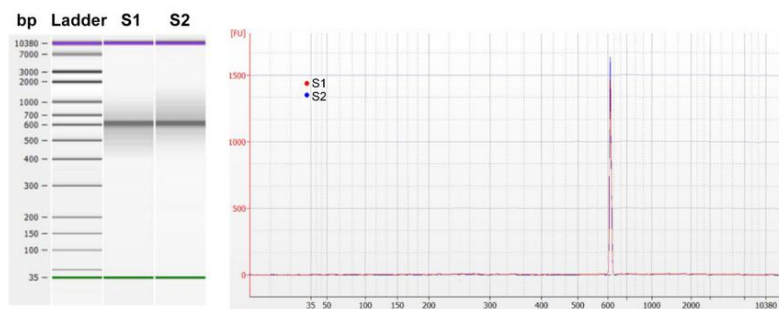


图 36 交互性操作 32- Agilent 4200 检测 DNA 片段均一度。

交互性操作 33-Agilent 4200 检测结果分析 (图 37)。



- 由此图，可以判断DNA片段： 可以判断DNA片段大小约为：
- 长度较均一
 - 长度不均一
 - 600bp = V3-V4片段(470bp)+接头+引物
 - 1600bp = V3-V4片段(1500bp)+接头+引物

图 37 交互性操作 33- Agilent 4200 检测结果分析。

交互性操作 34- 点击 Qubit，配制标准品和样品，测定建库 DNA 片段浓度（图 38）。



图 38 交互性操作 34- Qubit 测定建库 DNA 片段浓度。

4.8 高通量测序

交互性操作 35 计算样品的 DNA 片段摩尔数（图 39）。

交互性操作 36- 配制高通量测序的样品。



$$\text{DNA摩尔浓度 (nM)} = \frac{\text{DNA片段浓度 (ng/}\mu\text{L)}}{660 \text{ g/mol} \times \text{DNA平均大小 (bp)}} \times 10^6$$

$$\text{S1样品DNA摩尔数 (nM)} = \frac{(\quad) \text{ (ng/}\mu\text{L)}}{660 \text{ g/mol} \times (\quad) \text{ (bp)}} \times 10^6$$

$$\text{S2样品DNA摩尔数 (nM)} = \frac{(\quad) \text{ (ng/}\mu\text{L)}}{660 \text{ g/mol} \times (\quad) \text{ (bp)}} \times 10^6$$

图 39 交互性操作 35- 计算 DNA 片段摩尔数。

交互性操作 37-移液器取配制的上机样品加入到测序试剂盒 Reagent Cartridge 样品孔中，放入测序芯片，测序缓冲液，点击 MiSeq 测序仪界面 Start 开始高通量测序。

测序过程中播放测序原理动画视频，演示测序仪内部进行的测序过程。

交互性操作 38-选择题选择二代高通量测序原理与特点。

4.9 生物信息学分析

交互性操作 39-对下机数据进行预处理与质量控制，质量控制结果后，分析可满足后续数据分析的碱基质量 Q 值（图 40）。

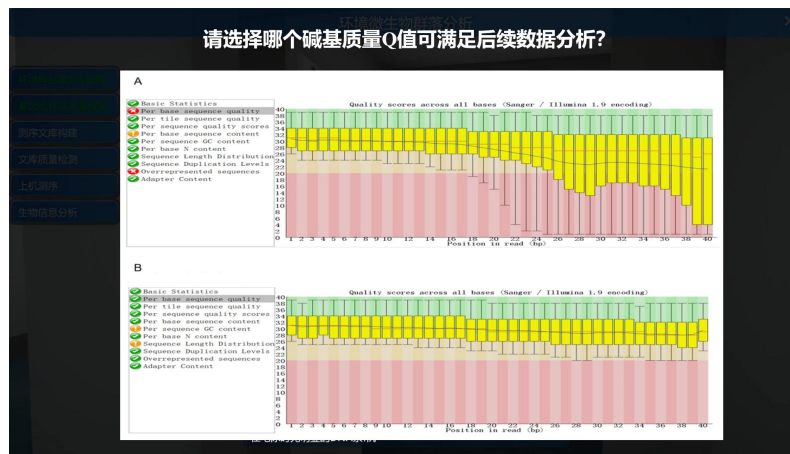


图 40 交互性操作 39-碱基质量 Q 值结果分析。

交互性操作 40-质量控制后，在提示下用 VSEARCH 软件包进行序列拼接（图 41）。

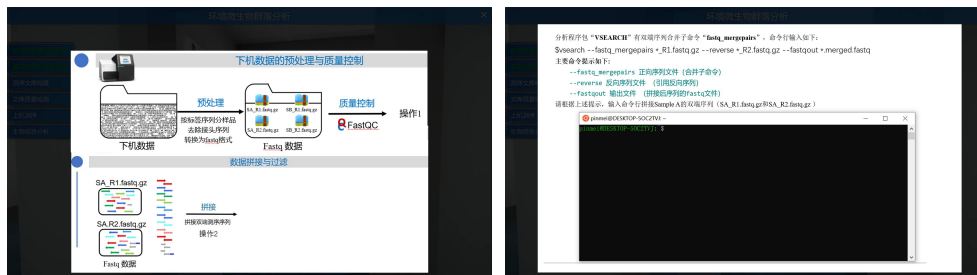


图 41 交互性操作 40- VSEARCH 软件包拼接序列。

交互性操作 41-序列拼接后，进行数据过滤，选择应过滤去除哪些数据。

交互性操作 42-选择下一步数据分析应该是 OTU 聚类还是 OTU 注释。

交互性操作 43-在提示下用 VSEARCH 软件包进行 OTU 聚类。

交互性操作 44-点击操作进行 OTU 注释。

交互性操作 45-点击获得采集的深海沉积物微生物群落分析图（图 42）。



图 42 交互性操作 45- 深海冷泉区域沉积物的微生物群落分析结果。

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 其他完成测试题考核
- (3) 其他描述：

本虚拟仿真项目是实验技术类项目，关键是正确进行实验操作过程和理解技术原理，无实验结果是否正确的说法。本虚拟仿真实验项目结合深海装备系统和高通量测序技术发展的前沿平台，系统串联多个实验技术，展现真实的前沿研究结果，做到虚实结合，以虚补实，使学生掌握深海样品采集和微生物群落分析的研究思路、主要实验技术与方法，提高学生自主学习能力、拓展性思维能力和创新性思维能力，培养学生的学习兴趣，激发学生的探知域，为学生今后在海洋科学领域的学习、科工交叉领域的研究和工作奠定基础。

由于实验操作步骤多，学生未经过系统长期的科研训练不可能记住每一步加入什么试剂，使用什么实验仪器，所以我们设置部分操作步骤和试剂有文字说明和动画自动演示，使实验能够顺利完成。对于关键的实验步骤，结合选择题、结果分析和下一步操作选择等方式，随时考核学生对知识点和技术原理的学习和理解情况。考试模式下设置的每个得失分点以及得失分解析，使学生能够查漏补缺。整个实验项目让学生能够把零碎的实验技术与知识点串联，了解海洋微生物学研究从样品采集到群落分析的基本过程、实验原理和主要技术方法，以及关键步骤参数设置等。增加学生的知识储备和技术串联应用的技能，培养学生的科学探索和思考能力。

2-10 考核要求

考核包括实验预习、学习模式、训练模式、测试题考核、考核操作和实验报告进行多方位系统考核和评价，突出形成性评价，评分细则如图 2-10-1。



图 2-10-1 本虚拟仿真项目评分细则。

(1) 实验预习 (10 分)：学生观看简介视频和引导视频，阅读实验简介

和实验要求，进行实验知识概述学习，系统根据观看和阅读学习记录计分 10 分；线下可结合学生自主学习、提问环节，结合教师线下讲解、抽查提问环节，提升预习效果。

(2) **学习模式及测试题考核 (10 分)**：学生在学习模式下查阅学习“载人深潜器系统认知”、“深海沉积物样品采集”和“深海微生物群落分析”三个模块的知识点梳理，系统进行测试题考核，系统计分 10 分。

(3) **训练模式及操作记录 (20 分)**：训练模式共含 45 步交互性操作，由系统记录操作记录，每一步 1 分，系统计分 45 分，占比 20%即 20 分。

(4) **考核模式 (40 分)**：考核模式包括测试题考核和无提示关键实验操作，测试题考核系统计分 10 分；45 步交互性操作中有 25 步关键试验操作，在考试模式下无提示，进行计分考试，分值分布见图 2-10-2，系统根据学生错误操作扣分，自动生成考核分分数及反馈报告，满分 100 分，总分 70 合格，占比 30%即 30 分，操作考核结束后会有考试模式操作评定和失分解析。

考核模式实验操作评定			
考核模式操作总分100分, 您本次考核模式操作得分 97 分。以下为得分明细:			
样品采集	分值	失分	失分解析
4.1 制定下潜计划	12	1	冷泉区域应选择5号采样点
交互性操作1-作业海域选择	12	1	
交互性操作2-作业时间选择	3		
4.2 选择搭载设备	4		
交互性操作3-搭载设备选择	4		
4.3 下潜采集沉积物	4		
交互性操作6-选择位置采样	4		
4.4 沉积物样品处理	2		
交互性操作7-样品保存方式选择	2		
4.5 微生物群落分析步骤	6		
交互性操作8-分析步骤排序	6		
交互性操作9-试剂盒选择	2		
交互性操作11-提取步骤选择	5		
交互性操作14-提取步骤选择	4		
交互性操作16-提取步骤选择	3		
交互性操作18-提取步骤选择	2		
交互性操作24-Nanodrop结果分析	2		
交互性操作25-电泳胶放置方向	2		
交互性操作27-电泳结果分析	3		
微生物分析			
4.7 PCR建库	10		
交互性操作28-PCR体系计算	10		
交互性操作29-PCR程序设置	6	1	延伸时间与片段长度有关
交互性操作33-Agilent结果分析	4		
4.8 高通量测序	4		
交互性操作35-DNA摩尔数计算	4		
交互性操作36-配制测序样品	2		
交互性操作38-测序特点选择题	2		
4.9 生物信息学分析	2		
交互性操作39-质控结果选择	2		
交互性操作40-序列拼接	5		
交互性操作41-过滤数据选择	2	1	未选择PCR重复序列
交互性操作42-操作步骤选择	4		
交互性操作43-OTU聚类	5		

图 2-10-2 考核模式实验操作评定。

(5) **实验报告及评价 (20 分)**：学生完成实验报告，教师从报告和图表格式，原理与操作步骤的描述与理解，结果与讨论，评价与建议这四方面进行批阅，计分 20 分。

2-11 面向学生要求

(1) 专业与年级要求

本实验项目主要面向海洋科学专业的大三大四年级学生,涉及的专业课程包括海洋微生物学及实验、海洋科学专业实习、海洋生态学与实验、海洋生物学及实验、生物信息学等课程。

(2) 基本知识和能力要求

要求学生已完成普通生物学、分子生物学等理论课程的学习。

2-12 实验项目应用及共享情况

(1) 本校上线时间 : 2020 年 4 月

(2) 已服务过的本校学生人数: 30 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)

(4) 是否面向社会提供服务: 是 否

(5) 社会开放时间 : 2020 年 7 月 , 已服务人数: 50 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://oc.zju.owvlab.net/vlab/shcjw.html>

3-2 网络条件要求

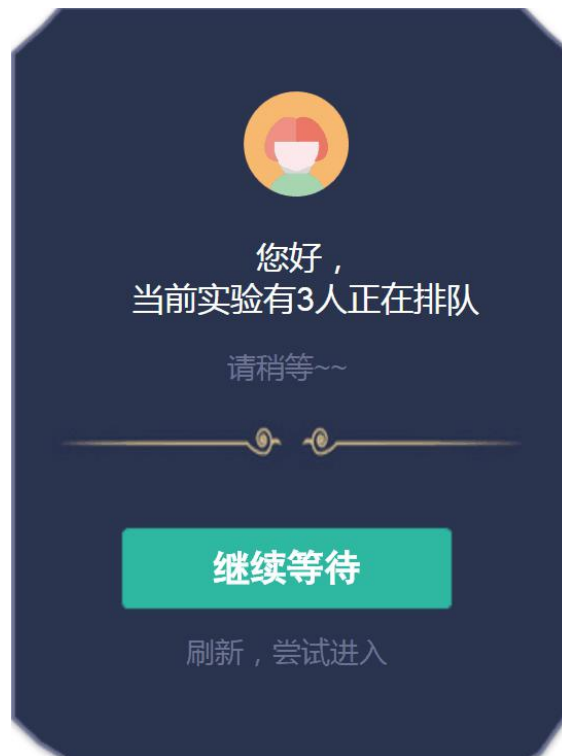
(1) 说明客户端到服务器的带宽要求（需提供测试带宽服务）

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。



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）

（云渲染、Unity WebGL 技术适用）

浏览器推荐使用谷歌（Google Chrome）浏览器 55.0 以上版本、火狐（Firefox）浏览器 50.0 以上版本

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	中央处理器： Intel® Core™ i5-8500-3.0GHz-6 核 6 线程
内存： 8GB	内存： 16GB
硬盘空间： 100GB	硬盘空间： 500GB
图形处理器： NVIDIA® GeForce® GTX 960	图形处理器： NVIDIA® GeForce® GTX 1060
显存： 2G 及以上	显存： 4G 及以上
显示器： 16:9 分辨率 1280*720 及以上	显示器： 16:9 分辨率 1920*1080
网络带宽： 10Mbps	网络带宽： 50Mbps
操作系统： Windows 7	操作系统： Windows 10

(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

(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） 二 级

4. 实验教学项目技术架构及主要研发技术

指标	内容
<p style="text-align: center;">系统架构图及简要说明</p>	<p>深海沉积物的采集与微生物群落分析虚拟仿真实验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。</p> <p>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，是具有良好的自主性、交互性和可扩展性的虚拟实验教学平台。</p> <p style="text-align: center;">总体架构图如下：</p>  <p style="text-align: center;">图 1 系统总体架构图</p> <p>如图 1 所示，支撑项目运行的平台及项目运行的架构共分为五层，每一层都为其上层提供服务，直到完成具体虚拟实验教学环境的构建。下面将按照从下至上的顺序分别阐述各层的具体功能。</p> <p>(1) 数据层</p> <p>深海沉积物的采集与微生物群落分析虚拟仿真实验项目涉及到多种类型虚拟实验组</p>

	<p>件及数据，这里分别设置虚拟实验的基础元件库、实验课程库、典型实验库、标准答案库、规则库、实验数据、用户信息等来实现对相应数据的存放和管理。</p> <p>(2) 支撑层</p> <p>支撑层是虚拟仿真实验教学与开放共享平台的核心框架，是实验项目正常开放运行的基础，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。</p> <p>(3) 通用服务层</p> <p>通用服务层即开放式虚拟仿真实验教学管理平台，提供虚拟实验教学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、项目开放与共享等，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。</p> <p>(4) 仿真层</p> <p>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。</p> <p>(5) 应用层</p> <p>基于底层的服务，最终深海沉积物的采集与微生物群落分析虚拟仿真实验教学与开放共享。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。</p>
实验教 学项目	<p>开发技术</p> <p><input type="checkbox"/>VR <input type="checkbox"/>AR <input type="checkbox"/>MR <input checked="" type="checkbox"/>3D 仿真 <input type="checkbox"/>二维动画</p> <p><input checked="" type="checkbox"/>HTML5</p> <p>其他 <u>WebGL 技术</u></p>

<p style="text-align: center;">开发工具</p>	<input checked="" type="checkbox"/> Unity3D <input checked="" type="checkbox"/> 3D Studio Max <input checked="" type="checkbox"/> Maya <input type="checkbox"/> ZBrush <input type="checkbox"/> SketchUp <input type="checkbox"/> Adobe Flash <input type="checkbox"/> Unreal Development Kit <input type="checkbox"/> Animate CC <input type="checkbox"/> Blender <input checked="" type="checkbox"/> Visual Studio <input type="checkbox"/> 其他 <u>Photoshop</u>
<p style="text-align: center;">运行环境</p>	<p>服务器 CPU <u>六</u>核、内存 <u>32</u> GB、 磁盘 <u>100</u> GB、 显存 <u>0</u> GB、GPU 型号 <u>无</u></p> <p>操作系统 <input checked="" type="checkbox"/>Windows Server <input checked="" type="checkbox"/>Linux <input type="checkbox"/>其他 具体版本 <u> </u></p> <p>数据库 <input checked="" type="checkbox"/>Mysql <input type="checkbox"/>SQL Server <input type="checkbox"/>Oracle 其他 <u> </u></p> <p>备注说明 <u> </u>（需要其他硬件设备或服务器数量多于 1 台时请说明）</p>
<p>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）</p>	<p>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</p>

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：

本项目结合深海装备系统采集沉积物的真实案例和最新深海微生物研究成果设计实验，实现了海洋工程技术与海洋科学研究的交叉融合，体现了教学

与科研的相辅相成。项目设置不同类型的深海环境（非极端环境、冷泉和热液口）采集沉积物，经过虚拟的微生物群落分析后，结果展示不同类型沉积物的微生物组成数据，结果数据来源于近五年深海微生物领域的真实研究数据。学生通过自主选择不同类型的沉积物进行虚拟流程操作，结合真实的研究数据进行分析条论，虚实结合，激发学生的学习兴趣 and 探知欲，开拓学生视野，丰富学生的内容知识体系，极大提升了学习效率。

➤ 项目建设的先进性

1) **技术先进性**：深海装备技术、深海资源探索和深海微生物群落的高通量测序分析是当近海洋领域和生命科学领域的前沿和热点。深海潜水器，特别是深海载人潜水器，是海洋开发的前沿与制高点之一，其水平可以体现出一个国家在海洋领域的综合科技实力，目前仅有美日法俄和我国拥有载人深潜器；微生物群落的高通量测序分析是最先进且应用广泛的组学研究技术，该技术具有通量高、数据丰富、可信度高等特点。项目涉及的两项主要技术均具有高精端的特点，具有先进性。

2) **理念先进性**：项目融合海洋科学研究与海洋工程技术，科工技术的交叉融合使项目具有拓展性与前瞻性。

➤ 项目建设的必要性

1) 项目符合教育部关于开展虚拟仿真实验项目的“条件四不原则”，即条件不具备、不充分、不允许、不满足。真实实验危险性高、设备及运行费用极高、周期长和步骤多等原因，无法在本科实验教学中开设此类实验项目，但又是海洋学科关键与前沿的教学内容，极具开设必要性。

2) 项目具有普惠性且低成本，符合教育部倡导的“资源共享、公平发展”原则。项目设计的实验教学内容不仅在海洋相关院校本科生教学中开展很有必要，对其它综合性院校大学生拓展视野，培养学生开放创新思维具有重要意义，适用于海洋领域、生命科学领域相关学科的相关内容教学，受益面广，具有普惠性；项目仅用4学时即可替代现实中长达数月的实验内容，可在线多次重复进行，一次开发，不限地点无限次使用，成本极低。

(2) 教学方法创新：

传统实验教学大部分是教师根据课程时长设计单一、短时的实验操作，由教师讲授实验原理、内容、步骤等，演示仪器设备使用，学生根据实验手册按部就班完成操作和实验报告；本虚拟仿真实验不同于传统教学方法，无需考虑设计内容实际时长，以虚拟的深海沉积物微生物群落分析案例为项目，**突破时空限制，结合科工领域技术，串联多操作，让学生自主选择深海沉积物不同类型进行系统、多技术串联的研究**，虚拟实验过程中穿插知识点学习、技术原理理解和设备使用等，调动学生自主学习积极性和探知欲，提高学生自主研究和项目实操能力。

(3) 评价体系创新：

本实验项目具有多维度评价体系，从实验预习、学习模式、训练模式、测试题考核、考核操作和实验报告进行多方位系统考核和评价。系统自动记录学生实验预习、学习模式与训练模式操作记录，结合测试题和考核模式操作检验学生学习、虚拟操作效果，通过实验报告与建议评价体现学生学习、思考等综合效果，指导教师结合提问、答疑和实验报告批阅给学生该实验项目最终评定成绩，实现多维度评价，突出形成性评价。平台建立完善的反馈机制，将参与人数、学生建议与评价进行全面统计分析，不断改进、完善与建设实验设计和评价体系，提升教学效果。

(4) 对传统教学的延伸与拓展：

本虚拟仿真实验项目是“海洋微生物学及实验”课程中**微生物群落分析**中的一个重要组成部分。传统教学仅是介绍海洋微生物群落组成的理论知识，实际实验操作进行近海样品采集和可培养微生物的分离培养与鉴定，无法开展深海领域微生物学的实操研究。本项目在传统教学的基础上进行**延伸与拓展**，弥补了深海领域的实际操作空白，实现理论教学、现实操作、视频教学和虚拟仿真实验有效结合，形成一个海洋微生物学实验教学体系。该体系以学生为中心，将学习资源和空间开放，老师指导和学生自主学习相结合，鼓励学生通过自主学习完成相关的实验项目内容和进行知识的查漏补缺，培养学生自主学习、获取知识与勤于思考的能力，培养学生的学习兴趣和发现问题、解决问题的能力。

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:

海洋科学领域涉及多种设备昂贵、危险性高和周期长的实验项目无法在实际教学中开展,不利于全方位培养海洋领域人才。浙江大学海洋学院以学生为中心,为海洋强国培养海洋领域科工交叉结合研究型人才,将今后 5 年建设一批具有自主知识产权的高水平虚拟仿真实验项目,突破实践时空和设备仪器的限制,实现学生进行领域交叉与技术串联的自主学习、灵活学习与沉浸学习。

本项目将持续进行特色建设与更新:

1) **增加载人深潜器下潜任务类型:** 现实的深海下潜作业会承担多种任务类型,增加搭载设备和作业任务,满足海洋科学多专业的应用与技术交叉融合。

2) **丰富深海环境场景、样品类型与交互性操作:** 结合前沿深海领域研究成果,增加深海环境的生物种类和微生物样品类型,激发学生学习兴趣,拓展学生视野。

3) **拓展项目英文版:** 拓展项目的英文版本,使学生掌握专业领域的英文词汇,拓宽学生的国际视野、国际交流能力和竞争意识,形成了与国际接轨的创新人才培养模式。

4) **维护开放式虚拟仿真管理平台:** 结合虚拟仿真实际教学情况,满足更大的用户并发访问,保证平台运作的高速、稳定和安全。

➤ 满足时间需求: 7×24 小时开放

➤ 受益人群: 1 万人/年

(2) 面向高校的教学推广应用计划:

借助浙江大学资源和平台优势,将本项目推广到 50 所以上的高校,特别加强对海洋学科相关和中西部地区高校的推广力度,实现网络课程在线互动学习,促进教学资源共享和不断改进。

(3) 面向社会的教学推广应用计划:

不断补充、更新教学资源,面向社会提供免登录链接,提供教学训练所用

资源。面向定点海洋研究院所提供培训及考核服务。

7. 知识产权 **(已申请登记中, 预计 8 月可获得)**

软件著作权登记情况	
软件著作权登记情况	<input 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	
是否与项目名称一致	<input 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（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