

申报编号：2023-211832

第三批国家级一流本科课程申报书

(虚拟仿真实验教学课程)

课程名称：矿石码头装卸工艺优化设计虚拟仿真实验

专业类代码：0811

负责人：翟秋

联系电话：13813966349

申报学校：河海大学

填表日期：2023. 12. 15

推荐单位：河海大学

中华人民共和国教育部制

二〇二三年十一月

填报说明

1.专业类代码指《普通高等学校本科专业目录（2022）》中的专业类代码（四位数字）。

2.文中○为单选；□可多选。

3.团队主要成员除主讲教师外，可以包含一位确实发挥重要支持作用的技术人员，并在“承担任务”栏中说明属于技术人员。

4.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。

5.具有防伪标识的申报书及申报材料由推荐单位打印留存备查，国家级评审以网络提交的电子版为准。

6.涉密课程或不能公开个人信息的涉密人员不得参与申报。

1. 基本情况

实验名称	矿石码头装卸工艺优化设计虚拟仿真实验		是否曾被推荐	○是 ●否	
实验负责人	翟秋				
负责人所在单位	河海大学				
是否国家级一流本科专业建设点	●是 ○否	(如是) 专业名称	港口航道与海岸工程	专业代码	081103
实验所属课程(可填多个)	港口规划与布置、港口装卸工艺、港口水工建筑物				
性质	○独立实验课 ●课程实验				
实验对应专业	港口航道与海岸工程				
实验类型	○基础练习型 ●综合设计型 ○研究探索型 ○其他				
虚拟仿真必要性	☒ 高危及极端环境 ☒ 高成本、高消耗 ☒ 不可逆操作 ☐ 大型综合训练				
实验语言	●中文 ○中文+外文字幕(语种) ○外文(语种)				
实验已开设期次	共 5 次: 1. 2019-12-02 ~ 2020-10-31、125 人 2. 2020-11-01 ~ 2021-05-31、189 人 3. 2021-06-01 ~ 2022-05-31、215 人 4. 2022-06-01 ~ 2023-05-31、202 人 5. 2023-06-01 ~ 2024-07-31、194 人				
有效链接网址	(要求填写标准 URL 格式的实验入口网页, 不允许仅为文件下载链接) https://xnfzgx.hhu.edu.cn/exp/50.html				

2. 课程团队情况

2-1 课程团队主要成员(序号 1 为课程负责人, 总人数限 5 人以内)								
序号	姓名	出生年月	单位	职务	职称	手机号码	电子邮箱	承担任务
1	翟秋	1983-09-12	河海大学	无	副教授	13813966349	zq431@hhu.edu.cn	课程总负责、方案总设计(在线教学服务)

2	诸裕良	1965-04-13	河海大学	副院长	教授	13809029285	zhuyul@hhu.edu.cn	实验设计、咨询（在线教学服务）
3	王华坤	1985-09-04	河海大学	无	副教授	15850592340	hkwang@hhu.edu.cn	教学组织及效果监控（项目持续改进）
4	严士常	1980-10-23	河海大学	无	副教授	13813958088	yanshichang@hhu.edu.cn	工程支撑，实验模型转化（在线教学服务）
5	蒋柳鹏	1984-06-15	河海大学	无	副研究员	13913802580	jsjlp@hhu.edu.cn	教学咨询与设计（项目持续改进）

2-2 团队主要成员教学情况（限 500 字以内）

（近 5 年来承担该实验教学任务情况，以及负责人开展教学研究、学术研究、获得教学奖励的情况）

该虚拟仿真实验课程自 2019 年上线至今，经过多轮次的试用、改进和 5 个教学周期的实践，已完成本专业 5 个年级学生的线上实验教学任务，同时还为天津大学、东南大学等兄弟高校提供了教学服务。

课程负责人翟秋副教授，河海大学优秀主讲教师、本科教学督导，长期从事《港口规划与布置》课程的课堂及实验教学工作。获全国水利类专业青年教师讲课竞赛特等奖，主编“十四五”时期水利类专业重点建设教材 1 部。负责多项创新性实验项目及实践教改项目，指导学生获“挑战杯”全国大学生课外学术科技作品竞赛全国三等奖、江苏省一等奖 1 项，江苏省“互联网+”大学生创新创业大赛一等奖 1 项，全国水利行业 BIM 应用大赛金奖 2 项，国际 BIM 大奖赛最佳教育应用奖 1 项。获高等学校水利类专业教学成果特等奖 1 项，河海大学教学成果特等奖 1 项。主持并参与多项国家自然科学基金、国家重点研发计划，获军队科技进步二等奖 1 项。

团队主要成员诸裕良、王华坤、严士常、蒋柳鹏均为港口工程类课程的主讲教师，全程参与本实验 5 个教学周期的指导、咨询、在线答疑工作。近 5 年获教育部科技进步奖一等奖 2 项、水运建设行业协会科学技术奖一等奖 1 项，编写交通部行业规范 1 部。

3. 实验描述

3-1 实验简介（实验的必要性及实用性，教学设计的合理性，实验系统的先进性）

1、实验背景

港口是水陆交通和物流的枢纽，在国民经济中居于重要的特殊地位，历来有国家“门户”、“窗口”和交通“枢纽”之称，处在中国对外开放的最前沿地带。港口是“一带一路”中海上丝绸之路的起点，海洋经济和社会发展的**重要基础设施**，建设世界一流的现代化海洋港口是海洋强国战略的必然要求。近年来随着中国国际贸易不断发展且高度依赖海上运输，适应国家“走出去”战略的发展；“一带一路”战略的提出等背景因素都促进了中国不断地参与海外港口项目，港口合作正逐渐成为中国与港口所在国家交往的一种重要方式。



图 1 我国港口与海上丝绸之路

全球 80%的货物依靠海运完成，港口作为海运的终端，在资源配置、集疏运方面发挥着重要的枢纽作用。《2021 中国海洋经济发展指数》报告指出，受新冠肺炎疫情影响，2020 年全球海运贸易量整体下滑，我国经济 and 海运贸易在经历年初下降后迅速反弹，海运进口表现强劲。2022 年吞吐量排名前 10 名的港口中有 8 个来自中国，主要港口吞吐量已恢复至疫情前水平，我国完成港口货物吞吐量 156.8 亿吨，同比增长 0.9%（图 2）。



图 2 全球排名前 50 的港口分布（数据来源：世界航运协会）

2022 年交通运输部发布的《水运“十四五”发展规划》中对水运行业发展提出了更高要求，“十四五”时期，预计水运需求将在高基数上保持中低速增长，2025 年水路货运量、港口吞吐量将分别达到 85 亿吨、164 亿吨，年均增长 2%-3%；明确提出**推进沿海主要货类专业化码头和公共基础设施建设，建设一批港口大型铁矿石接卸码头。**

我国铁矿石需求量庞大，80%以上依赖进口，其中澳大利亚为主要进口国。受国际形势影响，为对冲澳大利亚安全风险，实行铁矿石多元化战略的重要布局，中资企业于 2020 年 6 月取得几内亚西芒杜铁矿的开采权，铁矿相关港口和铁路的建设已提上日程。澳大利亚和几内亚的铁矿石，均需通过海运至国内沿海码头，铁矿石码头的建设、生产和运营已成为极为重要的环节（图 3）。

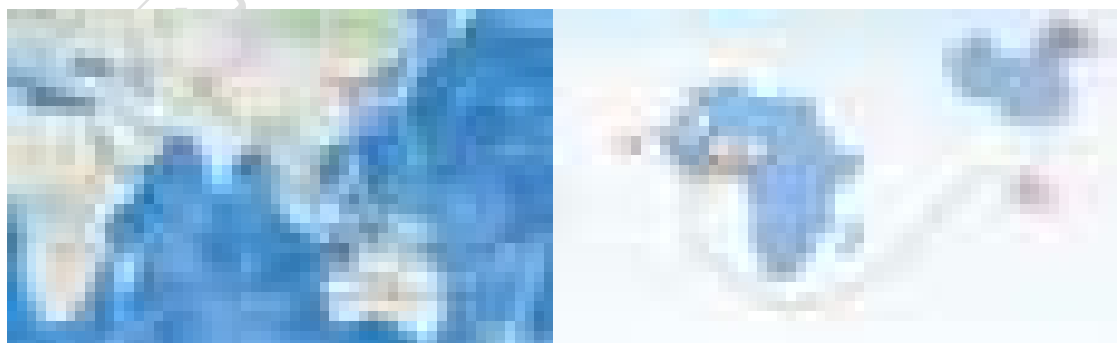


图 3（a）黑德兰港到青岛港海上航线；（b）博凯港到烟台港海上航线

港口既是铁矿石的接卸地，也是堆存地，更是混矿作业的前沿阵地。以“装卸船机-带式输送机-堆取料机”为代表的典型矿石码头装卸工艺在大型专业化码头中应用较广，机械技术参数设计时若产生偏差，一旦发生事故即关系到港口从业人员的生命财产安全，如装卸船机抗倾覆能力不足而直接倾覆、跳轨或坠海，带式输送机皮带撕裂导致托辊变形或损坏等（图 4）。因此，根据实际工程的自然条件、船型尺度、年货运量等参数的变化，合理设计矿石码头的装卸工艺，是提高码头装卸效率、加快库场周转能力、保障码头安全营运的基础，也是建设现代化海洋港口的基本保障。

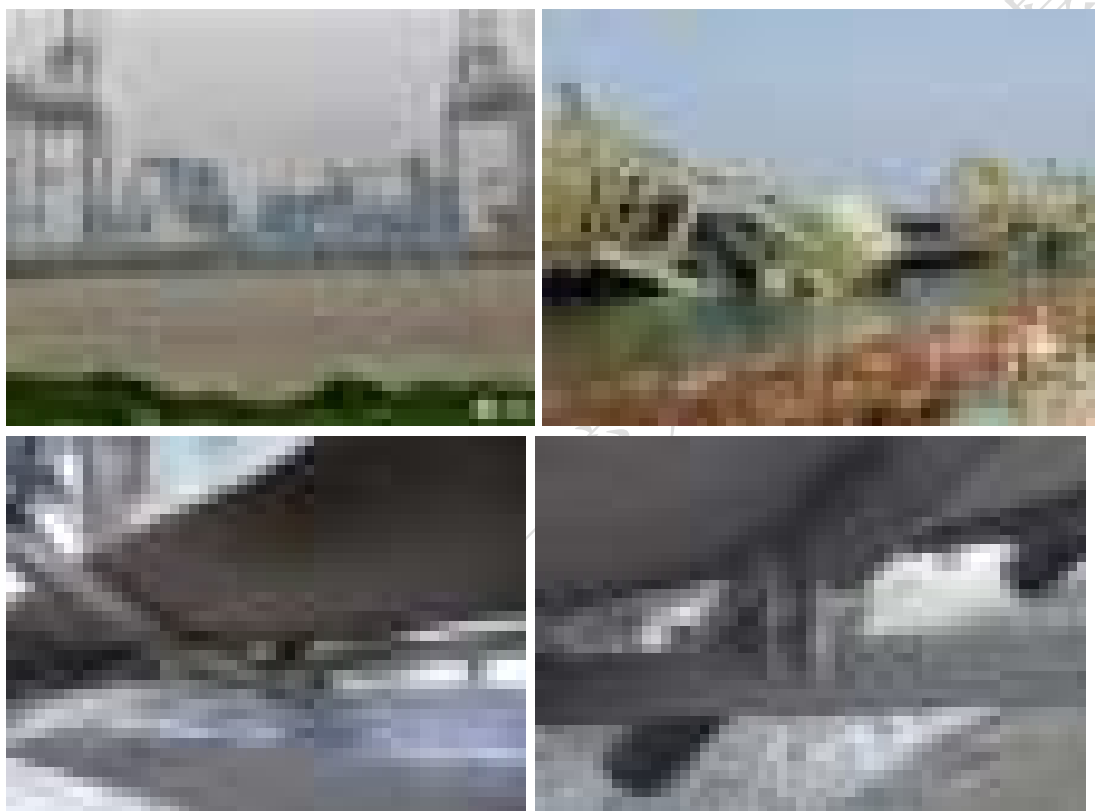


图 4（a）装卸船设备直接倾覆；（b）装卸船设备坠海；（c）带式输送机皮带被撕裂；（d）带式输送机托辊架严重变形

2、实验的必要性及实用性

以立德树人为根本任务，旨在突破传统课程教学瓶颈，引导学生树立理想信念及工程责任，培养具有家国情怀和使命担当意识的港口航道与海岸工程专业人才（后简称：港航专业）。码头装卸工艺设计是水利类高校港航专业的重要内容，也是培养港口工程技术人才的重要支撑。传统码头装卸工艺课程教学过程瓶颈效应明显，实践认知及实体实验均受制于占地面积大、实验成本高、开展周期长、现场危险大等一系列因素，目前尚无国内高校或科研机构开展实体实验，理

论与实践容易脱节，无法满足港航专业人才培养的需求，因此需要依托虚拟仿真技术开展相关实验。下面从三方面阐述实验的必要性及实用性：

（1）码头装卸工艺设计覆盖课程知识点较多，理论与实践容易脱节，传统教学瓶颈效应明显。码头装卸工艺设计，是港口规划与平面布置的基础，港口水工建筑物设计的前提，也是港航专业学生需要掌握的基本专业技能。该课程涉及到《港口规划与布置》、《港口装卸工艺》和《港口水工建筑物》等多门课程（港口工程课程群），不同课程间的知识点串联效果往往较差。同时，传统课堂教学主要针对码头装卸工艺设计通过理论讲解和视频教学等方法进行讲授；认识实习也基本仅仅针对码头结构和港内机械等的简单认知。学生对装卸工艺如何影响港口平面布置和通过能力、装卸工艺设计失败带来的后果等内容无法形成直观认识，从而导致理论教学与实践产生脱节。

（2）码头装卸工艺设计的传统实践认知环节具有成本高、难度大、安全隐患多等诸多难题。码头装卸设备成本较高，以连云港港25万吨级矿石码头为例，大型矿石码头中常用的桥式抓斗卸船机和斗轮堆取料机，单价约为4000-5000万元/台，加上带式输送机及其配套设备，装卸工艺设备费约为6.5亿元；完整的装卸工艺流程持续周期长，大型矿石码头设计代表船型在港停靠及装卸作业时间往往需要3-4天，学生无法在现场实现完整的认知；港内大型机械运行时操作人员有实际经验，但存在较大的安全隐患，学生现场实践认知具有较大的安全风险。可见，码头装卸工艺现场认识学习难度较高。

（3）码头装卸工艺设计的实体实验受占地面积大、成本高、周期长、可重复性差、危险大等一系列因素影响。装卸机械及码头结构原型几何尺度大，实体实验占地面积广，空间要求高，而实验模型不宜采用过大的缩尺比例，否则产生的缩尺效应将影响实验的可信度与准确性；实验船舶、码头及后方堆场制作要求高、用钢量及混凝土量大，桥式抓斗卸船机、斗轮堆取料机、带式输送机支架及辊轴构件节点多、制作复杂，实体实验成本高、周期长；港内机械装卸作业过程中，物料长时间堆积会导致带式输送机皮带发生侧翻、撕裂、托辊损坏等，实体实验具有较大的危险性，且不可逆、不可重复。目前尚无国内高校或科研机构开展实体实验，更无法对设计过程中关注的机械技术参数进行规律探究。

综上，矿石码头装卸工艺优化设计虚拟仿真实验教学课程旨在克服传统教学的不足，考虑装卸工艺、平面布置及码头结构，将码头前沿作业、水平输送系统设计、库场通过能力分析综合应用于实际工程，使学生对矿石码头装卸工艺设计和效果评价指标有更深刻的认识。同时通过开展虚拟仿真实验，引导学生掌握不同机械参数和效能指标对装卸工艺设计的影响，最终通过多维度效果评价环节，促进学生对设计方案做出合理的评价并进行优化设计。

3、教学设计的合理性

通过立德树人思政教育助领，“两性一度”金课标准助引，能力考核过程评价助推，使得教育教学要素聚焦于复合型人才培养体系。

（1）以立德树人为根本要求，将港口规划布置中的使命担当、责任担当、工匠精神等思政教育全方位贯穿、深层次融入虚拟仿真实验课程。

通过虚拟仿真实验课程的课前思政环节，让学生认识到港口建设是我国“一带一路”国家战略中海上丝绸之路的起点，增强学生建设“国之重器”的理想信念；通过介绍数字化、智慧化港口，如洋山全自动深水港，触发学生为我国“海洋强国”战略建设现代化港口的使命感；通过虚拟仿真实验认知环节中，介绍“8.12 天津滨海新区爆炸事故”，让学生理解做好港口规划布置的重要性，培养学生的社会责任感。通过港口发展带动国家经济发展，将国之重器和责任担当等思政教育全方位贯穿、深层次融入虚拟仿真实验，让学生从被动的“学什么”提升为意识到“为什么学”，从而促进知识传授与思政教育同频共振，激发学生的民族自豪感和国家荣誉感，从而构建“工科味”和“思政味”兼具的虚拟仿真实验课程（图 5）。同时在虚拟仿真实验环节，以工程实例为依托，进行矿石码头装卸工艺探索式设计并优化，引导学生从经济、环保、社会、安全、能耗、时效等六个维度对设计进行评价，在能力协调的基础上确定造价较低、效益较高的最终方案，从而夯实设计基础、培养实践能力，培养学生攻坚克难，精益求精的工匠精神。



图 5 虚拟仿真实验课程思政思维导图

（2）以任务导向为目标，多阶段、分层次设计体系，切合“两性一度”金课标准，打造“基础部分掌握知识、挑战部分激发兴趣”的趣味实验课堂。

采用任务驱动方式推动实验进程，设置“码头前沿装卸作业、水平输送系统设计、库场通过能力分析、装卸工艺综合设计及方案评价”链条式的四个主要模块，模块间内容层层递进，难度依次增加，学生基于工程实例采用“交互体验式”和“容错探究式”的方法实际问题（图 6）。根据实验提示改变控制参数，通过虚拟模型演示、仿真曲线、性能指标数据等多种形式，供学生进行不同

维度的观察、比较，激励其自主进行思考和分析，并最终确定优化的控制参数。在确定控制参数过程中，各参数的变化与虚拟仿真演示结果相互印证，让学生掌握各参数变化的规律，达到从本质上理解控制参数设计原则的目的。装卸工艺综合设计要求学生自主设计、分析、评价的进阶过程中完成具有“挑战度”的实验任务，提升对实际工程复杂问题的探究处理能力。

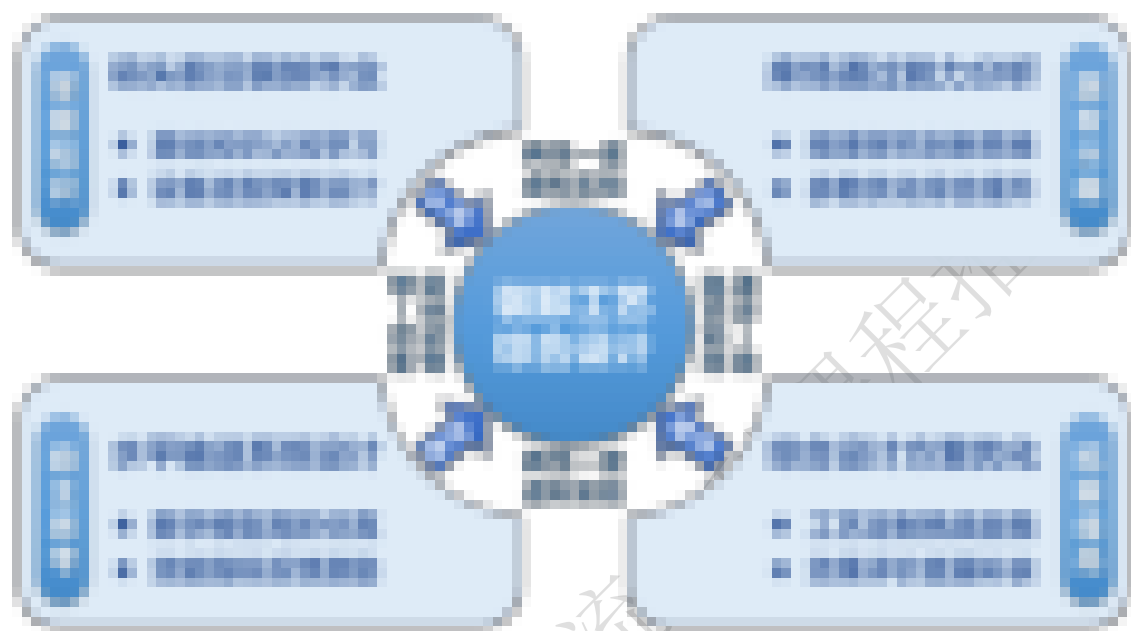


图 6 虚拟仿真实验课程模块

(3) 以培养目标的达成度为内核，建立能力考核为引领的完整过程评价体系，鼓励自主探究和反复尝试的实验过程。

通过对课程培养目标中的知识目标和能力目标达成度开展评价。实验过程操作（知识目标）评价时，在每个关键知识点设置考核环节，赋予不同的考核分值，并记录关键设计环节的仿真分析次数，赋予一定的分值加权系数。培养学生针对知识点深入理解、反复尝试、追本溯源，在实验过程中除掌握知识、训练综合技能外，还需养成探究和创新思维习惯。这种过程式的考核方式，可在一定程度上区分学生是否会进行相应过程设计，进而达到培养学生独立思考并解决实际问题的能力。实验方案设计（能力目标）评价时，培养学生掌握基础部分的知识点后，自主设计矿石码头装卸工艺流程，系统根据六个维度的内置考核指标给出方案得分，并辅以学生互评环节，在完成课程目标达成度评价后，重点对达成度中的弱项进行深入分析，并针对性的提出持续改进的措施（图 7）。

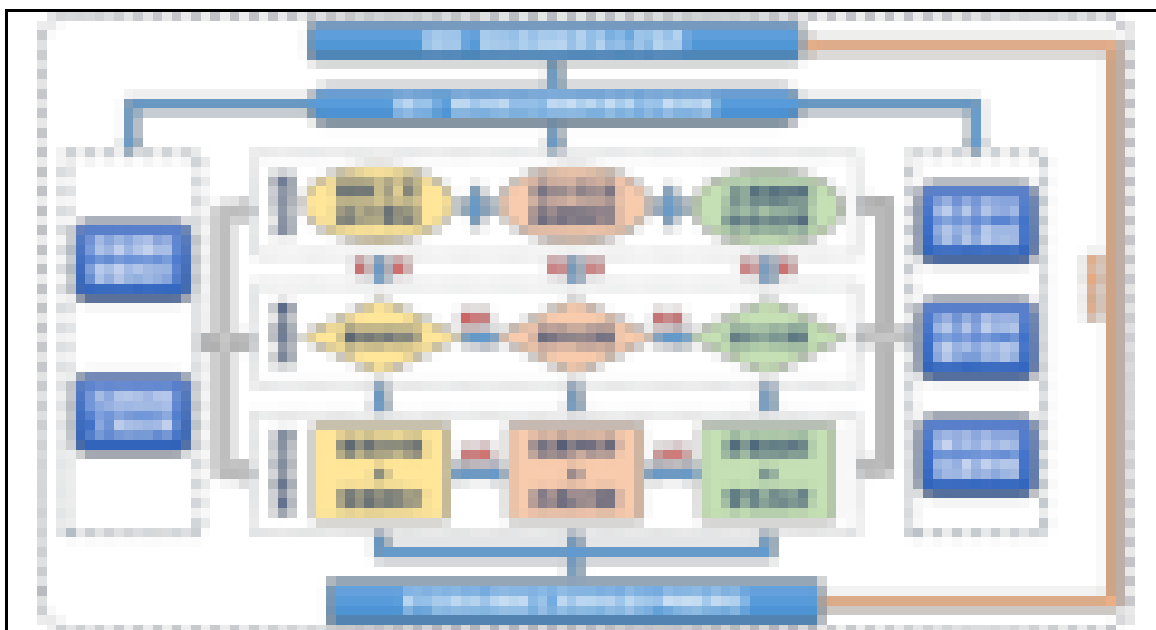


图 7 虚拟仿真实验课程评价体系

4、实验系统的先进性

（1）基于教育部“港口航道与海岸工程”专业虚拟教研室的数字化平台实现资源共享，通过深度产教融合，将行业中出现的最新工艺、新技术及时体现在虚拟仿真实验中。实验系统融合最新科研和行业发展动向，挖掘、分析、构建、绘制和显示不同知识点的相互联系，建立优质资源共享机制，实现教学质量整体提升。在港口规划与布置课程群知识体系构建和课程大纲建设等方面，始终以国家战略和行业需求为导向，挖掘实验知识体系与“一带一路”、“生态文明建设”、“海洋强国”等国家战略和新时代教育事业发展新理念的新结合点。实现教书育人与服务社会有机统一，培养卓越人才。同时坚持“产教融合、务实致用”的实践教学育人理念，以人才培养和产业发展为主线，从广度与深度上挖掘新工科教育内涵，推动港航专业创新创业人才培养的改革与实践。

（2）在虚拟仿真实验中，采用网站直接编译技术进行装卸工艺全周期数值模拟，进行高效实时数据分析，实现港口规划布置的精准化教学和智能化学习。实验系统积极适应国家水利工程建设智能化和数字化的发展趋势，围绕专业复合型应用型人才的培养目标，秉承应用导向，强化数智赋能，整合《港口规划与布置》、《港口装卸工艺》和《港口水工建筑物》三门专业核心课程主要知识点，构建全覆盖、分阶段、多层次的知识体系。采用网站直接编译技术，所有计算均在团队自主研发的分析程序上编译，实时输入数据、实时计算，无需下载和套嵌其他外部程序。学生在实验过程中养成了自主学习的意识，提升了具体工程实践中的协调创新能力。

(3) 在虚拟仿真实验部分，以开放式任务为导向，重点考察学生的创新性思维，实现工程全过程实训，培养学生高阶思维。实验设置基础认知部分和挑战创新部分，鼓励学生突破传统工艺，开展“沉浸式”交互实验操作，在完成既定目标的基础上，自主设计、进阶分析、多维评价，递进式地训练学生思维、计算能力及技术、经济、安全、社会、环境影响分析能力，提高学生协同分析及解决复杂工程问题的能力。五个轮次的教学实践表明，本实验系统已经成为港航专业实践教学体系中不可或缺的组成部分，在创新型人才培养过程中发挥着重要作用。

此外，此虚拟仿真系统采用 C#开发语言，基于 Unity 开发引擎发布的 webgl 版本的应用，采用主要 websocket 协议实现与服务器的通信和数据传输，3DMAX 和 Maya 实现 3D 图形可视化。系统运行平台：windows 8\windows 10，火狐浏览器、谷歌浏览器（64 位）。用户使用轻便化，无需下载安装应用，直接打开网页即可运行该虚拟仿真系统。

3-2 实验教学目标（实验后应该达到的知识、能力水平）

根据学校以**水利为特色，工科为主**，多学科协调发展的办学定位，以及港航专业以国家需求和行业发展为导向，服务于全国，拓展至海外的港口航道与海岸工程建设，以培养港航专业高素质复合型人才为目标，本实验依托国家级一流本科专业，以核心价值观引领，坚持知行合一，将“国之重器”和“责任担当”融入人才培养全过程，坚持理论性、强调实用性、突出创新性，着力培养能够解决实际码头装卸工艺复杂问题的复合型人才。

课程的建设目标重点考虑教学内容和教学手段是否能够适应码头装卸工艺新技术的发展和产业的升级。在教学过程中，根据行业中出现的新工艺、新技术和新规范及时更新教学内容，在每个实验部分设计引入案例，促进学生理解所学理论知识有较强的实际工程需求和社会应用背景，精心设计多渠道考核方法，促进课程目标的达成，从而实现课程建设目标与当前经济社会发展和技术进步的需要相匹配。

学习本实验课程后应该达到的知识、能力和素养：

知识目标：掌握码头装卸工艺设计基础理论和方法，培养学生建立码头装卸工艺等相关问题的知识体系；

能力目标：探索码头装卸工艺成熟技术与新技术的融合，培养学生能够在实际工程中提出有效解决方案，并体现追求创新意识的能力；

素养目标：树立港口安全合理布局、码头装卸工艺可持续发展的设计理念，将“国之重器、责任担当”根植入码头装卸工艺课程体系，培养学生强烈的民族自豪感和国家荣誉感。

建设矿石码头装卸工艺优化设计虚拟仿真实验课程，将实验课程与工程实际紧密结合，旨在培养具有家国情怀的复合型港航专业人才，促进港口航道相关学科建设。不仅能增进社会各界对港口的认识，更是在高等教育层面对海洋强国战略的重要落实。实验的主要教学目标简述如下：

(1) 熟悉矿石码头装卸工艺的全流程，促进学生对港口相关专业知识的融会贯通

利用虚拟现实技术，结合各课程及规范中实际装卸工艺设计参数，依托既有工程实例，将矿石码头装卸工艺设计分为“码头前沿装卸作业、水平输送系统设计、库场通过能力分析和装卸工艺综合设计”四个模块，帮助学生对港口工程课程群中的《港口规划与布置》、《港口装卸工艺》、《港口水工建筑物》等课程相关知识点融会贯通。

(2) 掌握矿石码头装卸工艺设计的基本方法，培养学生探索式学习的能力

在装卸工艺综合设计模块中，学生根据前三个模块掌握的卸船阶段、水平运输阶段和库场作业阶段的基础知识，自主探索不同设计参数与对应的通过能力之间的关系，从经济、环保、社会、安全、时效、能耗六个维度对设计方案进行全方面地评价，引导学生在有限的条件下制定出较优的设计方案，激发学生的创新思维和全局意识，不仅可以将理论和实践紧密地关联，也能将课堂知识与行业需求紧密结合。

(3) 增强学生专业技能，激发专业认同感，培养德才兼备的优秀人才

将课程思政融入实验课程的各个模块，例如通过实验的开场视频，使学生认识到矿石码头建设在海洋强国战略中的重要地位，结合连云港港 25 万吨级矿石码头的实体支撑，将思政教育潜移默化地融入到实验教学过程。在装卸工艺综合设计模块，通过设置各个参数模拟货物入港的流程，模拟的结果实时反应货物的运输情况，学生亲历货物运输堵塞或不连续的场景，感受实际工程中矿石装卸工艺的完整性与重要性，培养其树立认真、严谨、负责的价值观，激发其专业认同感以及投身海洋强国建设的情怀和使命感。

3-3 实验课时

(1) 实验所属课程课时：32 学时

(2) 该实验所占课时：4 学时

3-4 实验原理

(1) 实验原理(限 1000 字以内)

本实验依据矿石码头装卸工艺的三个阶段，设计了既独立又依次衔接的四个模块，总体实验原理如图 8 所示：

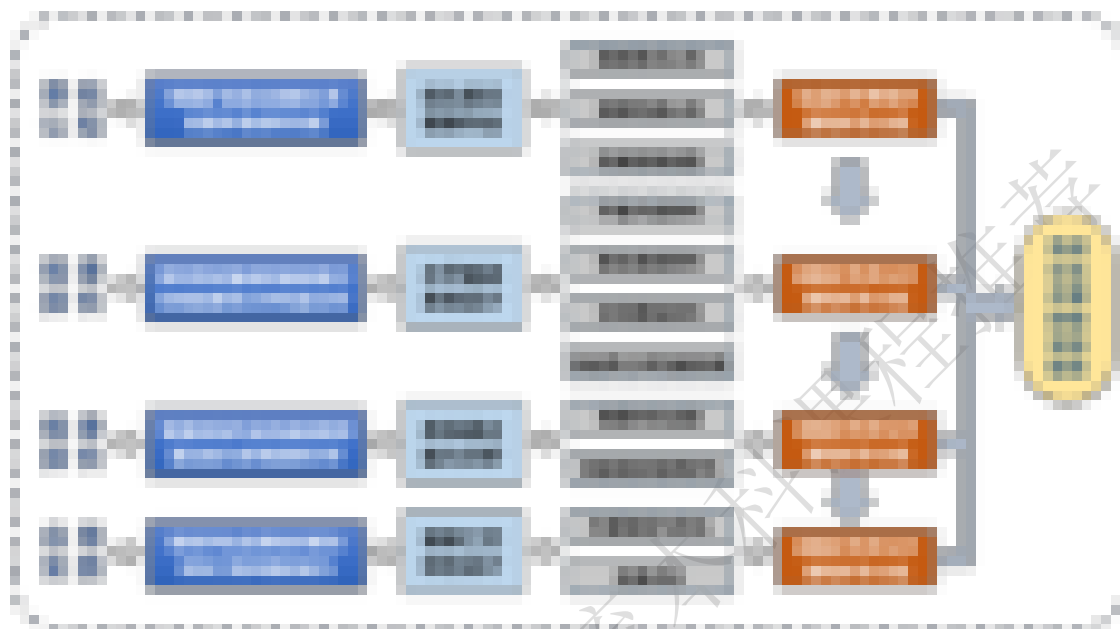


图 8 实验原理

码头前沿装卸作业模块。本模块包括码头区域认知、装卸机械认知和机械设备选型。对矿石装卸工艺涉及的主要卸船机械进行了详细介绍和卸料演示，学生试验后可对卸船机械的外伸距、起升高度，与船型、水位、橡胶护舷等相关关系加深理解。橡胶护舷依据船舶撞击码头的能量（式 3-1）及橡胶护舷性能曲线（图 9）综合考虑后选取。

$$E_0 = \frac{\rho}{2} M V_n^2 \quad (3-1)$$

其中： E_0 ——船舶有效撞击能量（J）；

ρ ——有效动能系数；

M ——船舶排水量（t）；

V_n ——法向靠泊速度（m/s）。

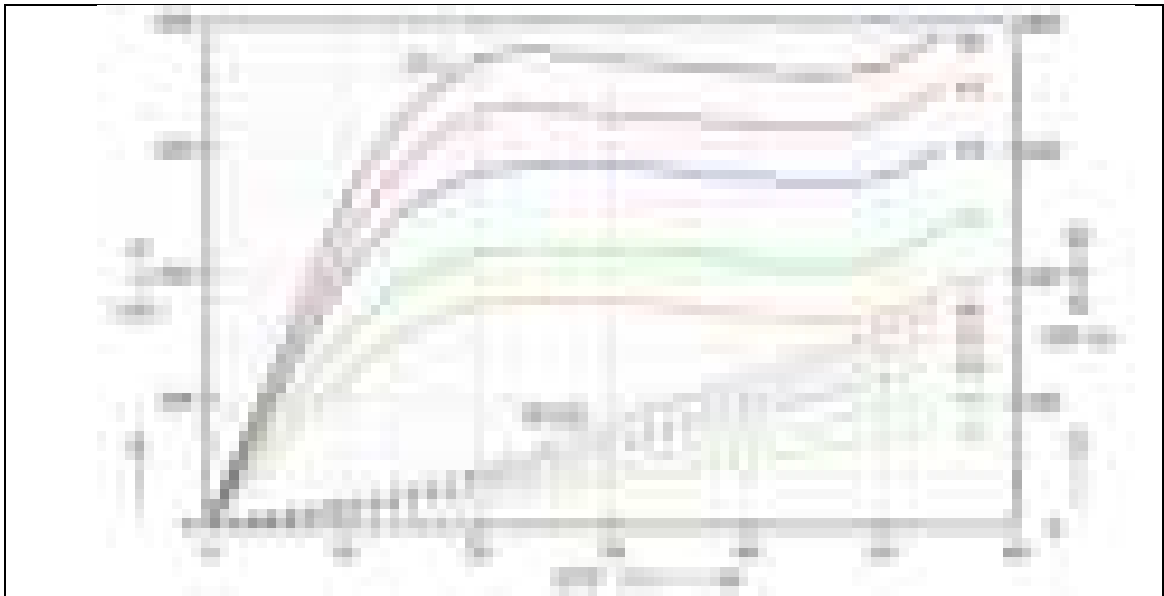


图 9 橡胶护舷性能曲线

水平输送系统设计模块。本模块包括带式输送机技术参数规律探究和输送带力学性能校核。分别探究带式输送机的带宽、带速和槽角对输送能力的影响，以及槽角和托辊间距的变化对输送带张紧力的影响。从单参数到多参数通过控制变量法绘制探究目标与技术各参数的二维、三维曲线图，便于学生直观地感受参数的变化规律，在此基础上进行择优设计，选择更好的设计方案。

①输送能力计算原理：DTII（A）型带式输送机的输送带，最大输送能力

$$Q=3.6Svk\rho \quad (3-2)$$

式中： v ——带速（m/s）；

k ——输送机的倾斜系数；

ρ ——物料堆积密度（kg/m³）；

S ——最大物料横截面积（m²）。

为保证正常输送条件下不撒料，输送带上允许的最大物料横截面积按式（3-3）～（3-5）计算，示意关系见图 10。

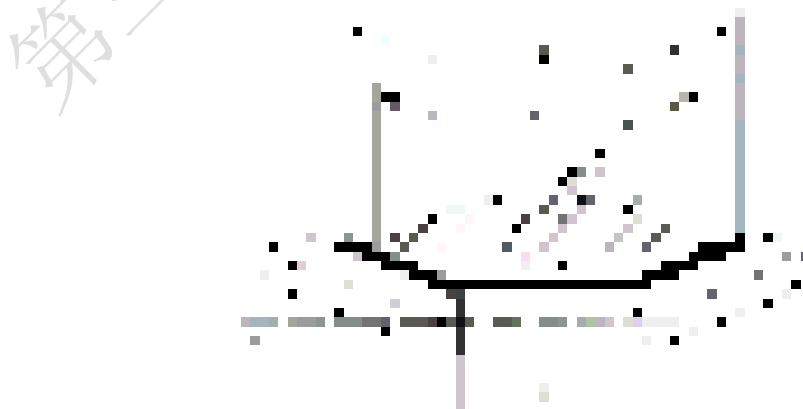


图 10 三辊槽形截面物料示意图

$$S = S_1 + S_2 \quad (3-3)$$

$$S_1 = \left[l_3 + (b - l_3) \cos \lambda \right]^2 \frac{\operatorname{tg} \theta}{6} \quad (3-4)$$

$$S_2 = \left[l_3 + \frac{(b - l_3)}{2} \cos \lambda \right] \left[\frac{(b - l_3)}{2} \sin \lambda \right] \quad (3-5)$$

式中： b ——输送带可用宽度（m）；

l_3 ——中间辊长度（m）；

θ ——物料的运行堆积角。

②输送带不打滑校核原理：作用在输送带上的张力应使得全部传动滚筒上的圆周驱动力通过摩擦传递到输送带上，在回程带上保持最小张力 $F_{2\min}$ 按式（3-6）计算保证输送带不打滑。



图 11 输送带张力示意图

$$F_{2\min} \geq F_{U\max} \frac{1}{e^{\mu\varphi} - 1} \quad (3-6)$$

式中： $F_{U\max}$ ——输送机满载启动或制动时出现的最大圆周驱动力（N）；

μ ——传动滚筒与输送带间的摩擦系数；

φ ——输送带在所有传动滚筒上的围包角（rad）；

$e^{\mu\varphi}$ ——欧拉系数。

库场通过能力分析模块。本模块通过对悬臂式斗轮堆取料机臂架回转半径、高度的确定，明确定量分析的依据；效能指标规律探究时，对堆垛形式、堆高、堆场面积等多个影响因素，通过控制变量法进行了从单参数到多参数的分析，基于多个参数规律曲线图，使学生认识其与库场通过能力的关系，并选择较优方案。

在一定时间段内，库场可堆存货物的最大量

$$P_{\text{库}} = \frac{Aqf}{K_{\text{库}}} \cdot \frac{T_{\text{YK}}}{t_{\text{dc}}} \quad (3-7)$$

式中：\$K_{\text{库}}\$——库场工作不平衡系数；

\$A\$——库场总面积（\$\text{m}^2\$）；

\$q\$——单位面积货物堆存量（\$\text{t}/\text{m}^2\$）；

\$f_{\text{利}}\$——库场面积利用率；

\$T_{\text{YK}}\$——仓库或堆场年运营天数（\$\text{d}\$）；

\$t_{\text{dc}}\$——货物平均堆存期（\$\text{d}\$）。

装卸工艺综合设计模块。依托工程实例制定矿石装卸工艺方案，内置云模型，基于云模型改进的层次分析法的评价指标对方案进行评估，在能力协调的基础上确定造价较低、效益较高的方案，做到资源最优化利用。

经济、环保、社会、安全、时效、能耗六个指标计算后结果归一化为\$[0,100]\$。基于云模型的基本运算和综合运算，采用云模型标度替代层次分析法中的传统标度，并利用黄金分割法来确定各云模型的熵，见式（3-8）。

$$a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}} = \frac{1}{D(Ex_{ij}, En_{ij}, He_{ij})} = D\left(\frac{1}{Ex_{ij}}, \frac{En_{ij}}{(Ex_{ij})^2}, \frac{He_{ij}}{(Ex_{ij})^2}\right) \quad (3-8)$$

式中：\$a_{ij}\$——指标 \$i\$ 比指标 \$j\$ 的重要程度；

\$a_{ji}\$——指标 \$j\$ 比指标 \$i\$ 的重要程度，与 \$a_{ij}\$ 互为倒数；

\$Ex, En, He\$——分别表示云模型 \$D\$ 的期望、熵、超熵。

根据各指标权重值和标准化后的矩阵构建加权决策矩阵 \$B=(b_{ij})_{m \times n}\$ 获得最终评分。

知识点：共 13 个

1. 码头区域布局：矿石码头的整体布局、各组成部分的作用；
2. 船舶靠泊分析：船舶靠泊过程；
3. 装卸机械认知：三种装卸机械的工作原理、工作效率等参数；
4. 机械设备选型：撞击力计算，橡胶护舷选取，机械外伸距、起升高度计算；
5. 泊位通过能力计算：根据船时效率、机械台数核算泊位通过能力；
6. 皮带平面尺度特征：带式输送机输送能力与带宽的变化规律；
7. 皮带驱动速度特征：带式输送机输送能力与带速的变化规律；
8. 皮带空间槽角特征：带式输送机输送能力与槽角的变化规律；
9. 输送带力学性能校核：多参数变化下的皮带机不打滑校核，分析带式输送机张紧力的主要影响因素；

10. 堆取料机选型：调整堆场高度、堆垛高度数值，判断堆取料机工作协调性；
11. 库场通过能力计算：调整货物平均堆存期、堆高、堆场面积等参数，掌握提高堆场作业效率方法；
12. 方案制定与优化：依托连云港港 25 万吨级矿石码头，自主进行方案设计；
13. 方案效益综合评价：从经济、环保、社会、安全、时效、能耗六个方面对方案进行评价。

（2）核心要素仿真设计（对系统或对象的仿真模型体现的客观结构、功能及其运动规律的实验场景进行如实描述，限 500 字以内）

①实验场景源于实际工程，利用虚拟技术实现高度仿真

根据连云港港 25 万吨级矿石码头，利用 3D 虚拟仿真技术 1:1 效果呈现矿石码头场景、装卸机械、散货船、拖轮、橡胶护舷等，实现实验场景高仿真度。特别设置了水平输送系统和库场装卸系统关键节点，保证实验进程的完整性和实验结果的多样性。

②参数设计及优化模型经真实工程校正，保证高仿真度

实验参数、实验步骤与实际码头装卸工艺的设计过程完全一致，在不同工况条件下实验结果与真实情况一致。以水平输送系统为对象，计算和分析其平面尺度、驱动速度、空间槽角的时空变化规律，并据此获得输送带的力学性能优化评估结果。学生根据输送系统的危险预警情况对参数设计和设备选型进行优化。

③采用行业最新数据及实测数据，实现参数化高仿真

结合行业最新的模型参数研究成果及实测数据构建实验模型，辅以团队的数值模拟计算结果、设置多项随机函数，支撑学生的多种实验选择。实验中的结构物及其附属设施的材料参数、机械设备参数均取自设计手册和相关厂家的产品规格说明书，保证实验结果的真实性。经济、环保、社会、安全、时效和能耗等评价指标参数来自港区的实测大数据，经实际工程校验，实验结果与工程实际一致。

3-5 实验教学过程与实验方法

（1）实验教学过程

实验基于真实案例搭建虚拟场景，将一个相对完整的矿石码头装卸工艺优化设计拆解为“码头前沿装卸作业、水平输送系统设计、库场通过能力分析和装卸工艺综合设计”等 4 个串并联式模块，实验模块的任务层层递进，难度依次增

加，打通串联《港口规划与布置》、《港口装卸工艺》和《港口水工建筑物》等港口工程课程群的 13 个知识点，帮助学生整合内化课程群知识结构（图 12），进而充分掌握相关知识并具备应用于工程实践的能力。



图 12 实验教学总架构图

结合实验教学过程流程图（图 13），具体阐述不同模块的实验教学过程如下：



图 13 实验教学过程流程图

①码头前沿装卸作业模块

该模块主要采取任务驱动式、情景体验式、容错探究式教学方法，学生自主完成任务。模块设置三个子环节，三个子环节为串联式设计，每个环节分别设置相应任务，通过层层递进的任务目标，锻炼学生认知矿石装卸工艺的能力，提高融合各课程知识点的水平。

根据任务指引，通过情景体验式教学方法，学生在虚拟场景中漫游，通过交互操作，了解码头各区域概况、装卸作业机械、船舶靠泊等基本信息，从而进行卸船设备的选型。船舶靠泊环节，通过船舶靠泊动画，了解散货船、拖轮、橡胶护舷等系靠泊设备。装卸机械认知环节，基于情景交互设计，学生通过点击装卸机械，观看每种卸船机械装卸作业的动画，并结合介绍掌握每种机械的工作原理、生产效率、适用情况等基本内容，为后续机械的选型打下基础。而机械设备选型环节则是基于上述两个环节，综合考量船型、橡胶护舷和卸船机械之间的关系，通过容错探究式的教学方法掌握卸船机械选型的依据。

②水平输送系统设计模块

该模块主要采用任务驱动式、设计交互式、自主探究式教学方法，模块设置四个子环节。根据任务要求，学生自主完成输送能力与各技术参数的规律探究及输送带力学性能校核。在进行规律探究时，为增添实验的可行性与随机性，每个子环节中都有一个参数由系统随机给定，通过多次改变参数获得输送能力与各技术参数的曲线，从而探知其规律。同时，每个子环节还增添了择优分析，帮助学生应用探求的规律进行参数的优化设计。

根据任务指引，从平面尺度探究、驱动速度探究和空间槽角探究这3个子环节出发，进行输送带的输送能力规律探究。在每个子环节中，学生可根据设计面板进行自主探究，不断调整参数获得规律曲线图，了解输送能力与各技术参数之间定性和定量的关系，并根据这些关系进行技术参数择优分析。完成规律探究后，在输送带力学性能校核子环节中，学生学习输送带运行原理及张力计算方法，并在此基础上不断试错探究，进行输送带不打滑条件的校核。

③库场通过能力分析模块

该模块主要采用任务驱动式、情景体验式、设计交互式、自主探究式教学方法，模块设置两个子环节。库场通过能力分析是基于矿石装卸工艺在库场作业阶段的效率探究，与堆场布置、堆场作业机械等多种因素有关。

根据任务指引，通过情景体验式教学方法，进行堆取料机与堆场布置的适配性探究。为还原实际矿石码头的真实性，本模块提供的三种堆取料机都有其适配的堆场场景，学生通过调整堆场面积与堆垛高度，掌握堆取料机选型时技术参数与堆场参数的关系，为后续矿石码头装卸工艺的设计打好基础。完成堆取料机选

型后，学生通过设计面板自主进行库场通过能力影响因素探究，并进行择优分析。

④装卸工艺综合设计模块

该模块主要采用任务驱动式、情景体验式、设计交互式、容错探究式教学方法。模块设置两个子环节，包括矿石装卸工艺方案的制定与优化，以及方案最终的效果评价。

根据任务指引，学生需要根据前面三个模块的认知学习和规律探究，通过设计各参数制定矿石装卸工艺方案。基于情景体验式和自主探究式的教学方法，系统根据学生设计的参数给出货物运输的简要路线。对于不合理的方案，物料运输会在某一阶段堆积或不连续，系统则相应地以颜色的深浅来标明货物运输的连续性，而学生则通过容错探究改变参数，最终制定一个合理的设计方案。根据学生制定的方案，系统从经济效益、环保效益、社会效益、安全效益、完成时效和能耗状况等六个维度进行多角度全方面的评价。基于数学模型的评价体系，学生可反复调整参数，直至选择最优的矿石装卸工艺设计方案提交。

（2）实验方法

本虚拟仿真实验教学课程综合采用**观察法、控制变量法、比较法、反馈分析法等实验方法**，使学生理解皮带运输能力与力学性能及库场通过能力的规律，掌握矿石装卸工艺的机械、流程及设计方法。

观察法在全部实验模块均有涉及，例如在码头前沿装卸作业模块，让学生对散货船靠泊及装卸机械有基本的认识；在装卸工艺综合设计模块，学生亲历矿石装卸工艺方案设计成功和失败的场景，感受矿石装卸工艺中的关键问题，培养学生树立严谨、诚信、科学的价值观，提升其社会责任感。通过观察不同橡胶护舷、船型与水位组合条件下，卸船机械外伸距与起升高度的变化，了解卸船机械选型的依据。通过观察不同带宽、带速、槽角设计下的带式输送机运输能力曲线图的发展，了解影响输送能力的主要参数及满足最小运输能力的大致变化区间。

控制变量法主要用于水平输送系统设计及库场通过能力分析模块，可以让学生详细了解某个参数对皮带机输送能力及库场通过能力的影响，培养学生探究钻研的科研素质。例如，学生在进行库场通过能力规律探究实验时，可固定货物的平均堆存期，不断改变堆场面积，探究该参数的影响；保持堆场面积不变，改变堆垛高度，探究不同参数对库场通过能力的影响，从而掌握库场通过能力的影响规律。

比较法主要用于机械设备的选型、方案制定与优化、效果评价等环节。装卸工艺相关知识点涉及多门课程，学生缺乏对多课程交叉知识点的整合能力。虚拟

实验课程由浅及深、由易到难将多课程知识点展示给学生。例如，卸船机械选型设计到外伸距、起升高度、水位、轨道至码头前沿的距离等参数，与《港口规划与布置》、《港口水工建筑物》等课程有交叉知识点，学生可以先分析高低水位与散货船型组合情况，掌握相关知识后，再进行外伸距和起升高度的计算，通过比较不同卸船机械的外伸距和起升高度，选择满足要求的卸船机械，掌握卸船机械选型的依据，符合学生的学习认知规律。

反馈分析法主要用于装卸工艺综合设计环节，提高学生自主学习的积极性，并培养学生的探索创新意识。该环节要求学生选择不同船型，进行装卸工艺综合设计，设计内容包括卸船阶段、水平运输阶段和库场作业阶段等多阶段全流程的装卸工艺。通过系统引导，在完成装卸工艺综合设计的前提下进行能力协调的判断，若能力不协调，学生需要尝试找出问题并再次设计。设计完成后从经济效益、环保效益、社会效益、安全效益、完成时效、能耗状况等六个维度对学生的设计进行综合评价，得到此方案的得分。对于学有余力以及具有探索创新意识的学生，可重复实验提高方案得分，从而得到综合最优设计方案。

3-6 步骤要求（不少于 10 步的学生交互性操作步骤。操作步骤应反映实质性实验交互，系统加载之类的步骤不计入在内）

（1）学生交互性操作步骤，共 12 步

步骤序号	步骤目标要求	步骤合理用时	目标达成度赋分模型	步骤满分	成绩类型
1	思政元素：感受大国工程，树立正确价值观	2	本交互步骤为课程思政步骤，由视频引入矿石码头建设在海洋强国战略中的重要地位，使学生明白进行本实验的必要性和合理性。本步骤不计入实验评分。	0	☐ 操作成绩 ☐ 实验报告 ☐ 预习成绩 ☒ 教师评价报告
2	完成码头前沿装卸作业基本认知	10	步骤 2-4 为实验第一模块步骤。总分 20 分，占比 20%。1) 查看码头各区域介绍，共 3 分；2) 了解船舶靠泊过程，得 1 分；查看散货船、拖轮及橡胶护舷得 1 分。	5	☒ 操作成绩 ☐ 实验报告 ☐ 预习成绩 ☐ 教师评价报告
3	学习装卸机械介绍、了解各装卸机械工作原理	5	1) 查看三个装卸机械介绍并了解装卸作业过程，每个机械 1 分。	3	☒ 操作成绩 ☐ 实验报告 ☐ 预习成绩

					☐ 教师评价报告
4	完成卸船机械选型并回答问题	10	1) 选择船型与橡胶护舷, 点击详细数据查看撞击力计算得 2 分; 2) 选择卸船机械, 输入外伸距和起升高度进行校核分别得 2 分, 此步骤为容错式探究, 若校核不满足要求, 学生需重新输入参数进行校核, 超过 3 次校核各得 1 分; 3) 输入船时效率和机械台数计算泊位通过能力得 2 分; 4) 回答环节考核 8 道题, 每题回答正确得 0.5 分, 满分 4 分。	12	☒ 操作成绩 ☐ 实验报告 ☐ 预习成绩 ☐ 教师评价报告
5	完成带式输送机输送能力与平面尺度的规律探究并进行参数优化	10	步骤 5-8 为实验第二模块步骤, 总分 30 分, 占比 30%。进行带式输送机输送能力与平面尺度的规律探究, 改变参数进行不超过 5 次的可重复性实验, 获取规律分别得 5 分。进行参数优化分析时, 若学生选择最优方案 (即输送能力最大的方案) 提交可得 2 分; 若学生选择其他合理方案可得 1 分, 选择其他不合理方案不得分。	7	☒ 操作成绩 ☐ 实验报告 ☐ 预习成绩 ☐ 教师评价报告
6	完成带式输送机输送能力与驱动速度的规律探究并进行参数优化	10	进行带式输送机输送能力与驱动速度的规律探究, 改变参数进行不超过 5 次的可重复性实验, 获取规律分别得 5 分。进行参数优化分析时, 若学生选择最优方案 (即输送能力最大的方案) 提交可得 2 分; 若学生选择其他合理方案可得 1 分, 选择其他不合理方案不得分。	7	☒ 操作成绩 ☐ 实验报告 ☐ 预习成绩 ☐ 教师评价报告
7	完成带式输送机输送能力与空间槽	10	进行带式输送机输送能力与空间槽角的规律探究, 改变参数进行不超过 5 次	7	☒ 操作成绩 ☐ 实验报告

	角的规律探究并进行参数优化		的可重复性实验，获取规律分别得 5 分。进行参数优化分析时，若学生选择最优方案（即输送能力最大的方案）提交可得 2 分；若学生选择其他合理方案可得 1 分，选择其他不合理方案不得分。		☐ 预习成绩 ☐ 教师评价报告
8	完成输送带不打滑条件校核并进行参数优化	15	进行皮带圆周驱动力与托辊间距、槽角的规律探究，改变参数进行不超过 5 次可重复性实验，获取规律可得 5 分。校核皮带不打滑条件得 2 分。进行参数优化分析时，若学生选择最优方案（即圆周驱动力最大的方案）提交可得 2 分，若学生选择其他合理方案可得 1 分，选择其他不合理方案不得分。本步骤总计 9 分。	9	☒ 操作成绩 ☐ 实验报告 ☐ 预习成绩 ☐ 教师评价报告
9	完成堆取料机的选型	10	步骤 9-10 为实验第三模块步骤，总分 15 分，占比 15%。选择一种堆取料机，输入堆场宽度和堆垛高度，进行宽度和高度校核，若满足使用要求得 7 分。此步骤为容错式探究，若校核不满足要求，学生需重新输入参数进行探究，超过 3 次校核得 5 分。	7	☒ 操作成绩 ☐ 实验报告 ☐ 预习成绩 ☐ 教师评价报告
10	完成库场通过能力与其影响因素的规律探究并进行效能指标参数优化	15	进行库场通过能力与堆垛形式、货物平均堆存期、堆高和堆场面积的规律探究，改变参数进行不超过 5 次可重复性实验，获取规律可得 5 分。进行参数优化分析时，若学生选择最优方案（即库场通过能力最大的方案）提交可得 3 分，若学生选择其他合理	8	☒ 操作成绩 ☐ 实验报告 ☐ 预习成绩 ☐ 教师评价报告

			方案可得 2 分，选择其他不合理方案不得分。本步骤总计 8 分。		
11	完成矿石装卸工艺方案的制定并优化	20	步骤 11-12 为实验第四模块步骤，总分为 35 分，占实验总分比为 35%。按照步骤引导完成矿石装卸工艺方案的制定，其中系统需判断带宽带速是否匹配，匹配后方能进行能力协调的判断，只有能力协调，才算制定了一种可行的方案。本步骤为探索性步骤，满分 25 分，可重复实验，不限实验次数，但只能提交一种方案进行效果评价。若带宽带速匹配超过 3 次，总分折减 2 分；若能力协调校核超过 3 次，总分也需折减 2 分。	25	☒ 操作成绩 ☐ 实验报告 ☐ 预习成绩 ☐ 教师评价报告
12	完成方案效果评价	20	按照步骤引导完成方案效果评价，依次为经济效益、环保效益、社会效益、安全效益、完成时效和能耗状况，每个效益得 1 分；完成各评价后学生依据各评价的重要性设置权重系数，总和需要为 1，加权平均后的得分方为方案的评分。本步骤总计 10 分。	10	☒ 操作成绩 ☐ 实验报告 ☐ 预习成绩 ☐ 教师评价报告

(2) 交互性步骤详细说明

实验包括四个主要模块，每个模块设计多个子环节并配有任务书及操作引导说明，采取任务驱动，引导学生逐步完成实验。实验共 4 学时，12 个实验操作步骤。

首先需要输入课程网址（<https://xnfzgx.hhu.edu.cn/exp/50.html>），进入虚拟仿真实验平台，出现图 14 所示的账号登录界面。输入用户名密码，点击登录，进入图 15 所示系统加载界面。公测用户可点击“公测账号”按钮进入，专家评审可点击“专家账号”按钮进入。建议使用 Firefox、Chrome 等浏览器加载虚拟仿真实

验。第一次登陆时，将首先从云端加载必要场景数据，需等待约半分钟，具体与网速和电脑配置等有关。

加载完成后，进入欢迎界面（图 16），点击确定后进入实验大厅，出现是否需要新手引导界面（图 17），帮助学生学习场景基本按钮和操作方式。实验大厅可通过点击左上方按钮随时返回，大厅左上方设置有实验简介、步骤引导、知识提示按钮。用户可随时点击查看，了解实验的基本介绍、实验目标、实验步骤，以及实验需要的基本知识。

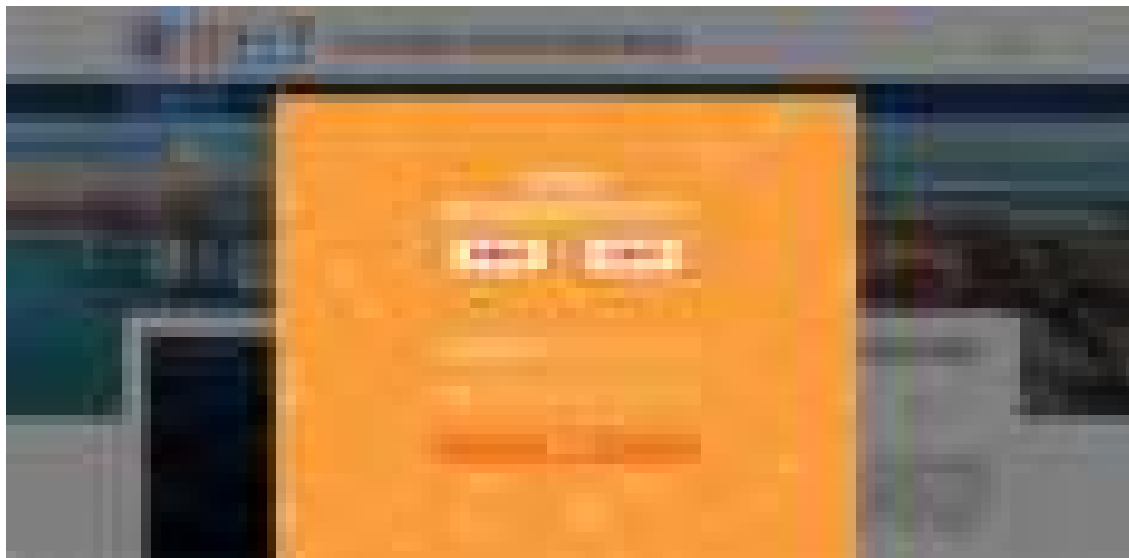


图 14 账号登录界面

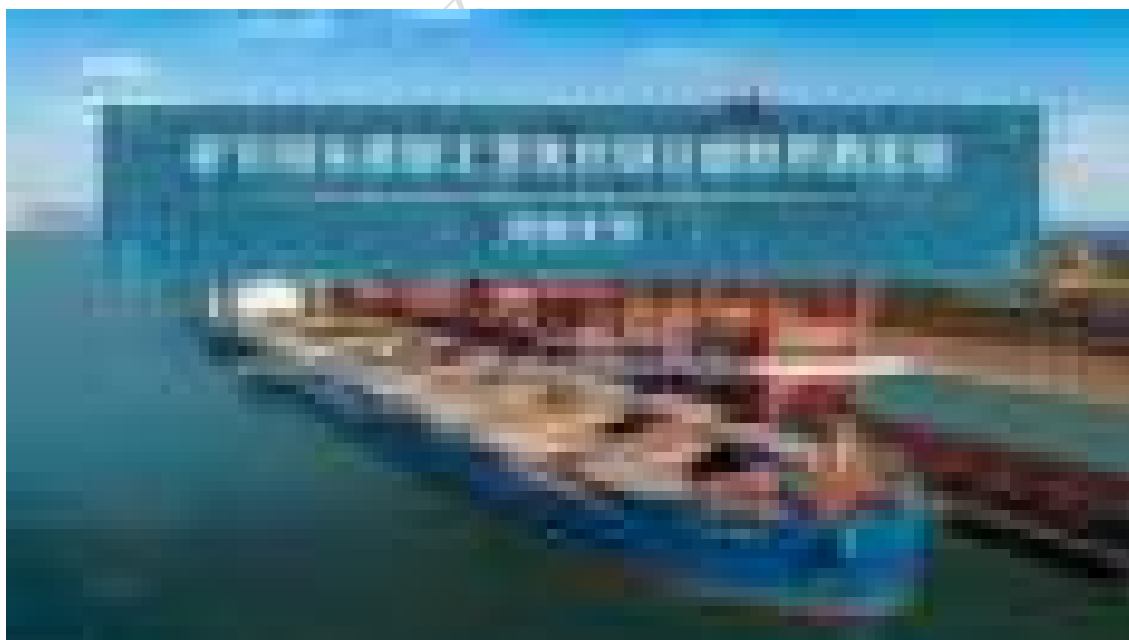


图 15 实验加载界面

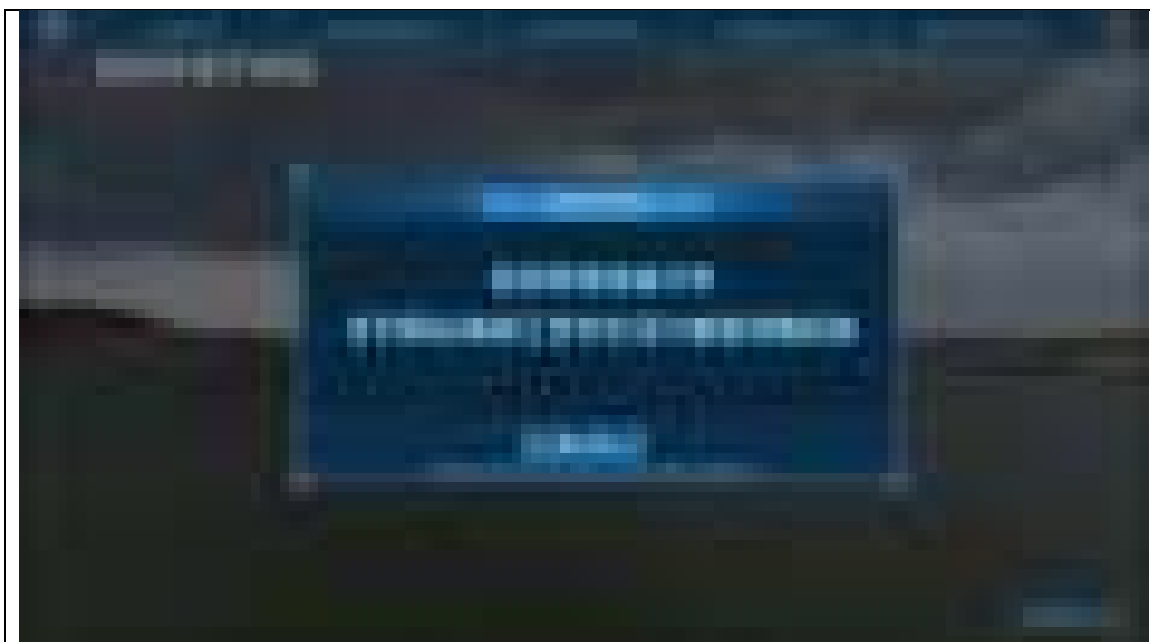


图 16 实验欢迎界面



图 17 新手引导界面

1) 第一模块：码头前沿装卸作业（5个知识点）

步骤 1：实验课课程思政

操作目的：感受大国工程，树立正确价值观。

操作过程：由开场视频进入实验，学生观看视频了解矿石码头建设在海洋强国战略中的重要地位（图 18）。

操作结果：实验伊始，通过观看背景介绍，旨在使学生感受实际工程中矿石码头装卸工艺的完整性与重要性，培养学生进行矿石码头装卸工艺实验的兴趣，

树立认真、严谨、负责的价值观，激发其专业认同感以及投身“海洋强国”建设的情怀和使命感。



图 18 实验开场视频

步骤 2：船舶靠泊认知

操作目的：帮助学生了解场景的基本信息，完成对码头整体布局和船舶靠泊过程的认知。

操作过程：根据左侧弹出的步骤引导完成相关操作。点击码头前沿装卸作业按钮，出现船舶靠泊认知、装卸机械认知、机械设备选型三个子环节，点击船舶靠泊认知按钮进入场景，系统弹出任务面板。学生进入场景后，根据上方任务条依次点击码头各部分按钮进行认知（图 19），认知过程中可通过键盘和鼠标操作漫游场景，查看码头组成部分细节。点击“靠泊”按钮，跳转船舶准备靠泊场景，点击高亮部分可查看拖轮信息介绍（图 20），再观看靠泊动画（图 21），动画播放完毕后散货船、橡胶护舷高亮闪动（图 22），依次点击查看相关信息介绍，点击过的设备不再闪动，学生点击完所有设备后进入下一步实验。

操作结果：了解场景基本信息，掌握船舶靠泊过程。

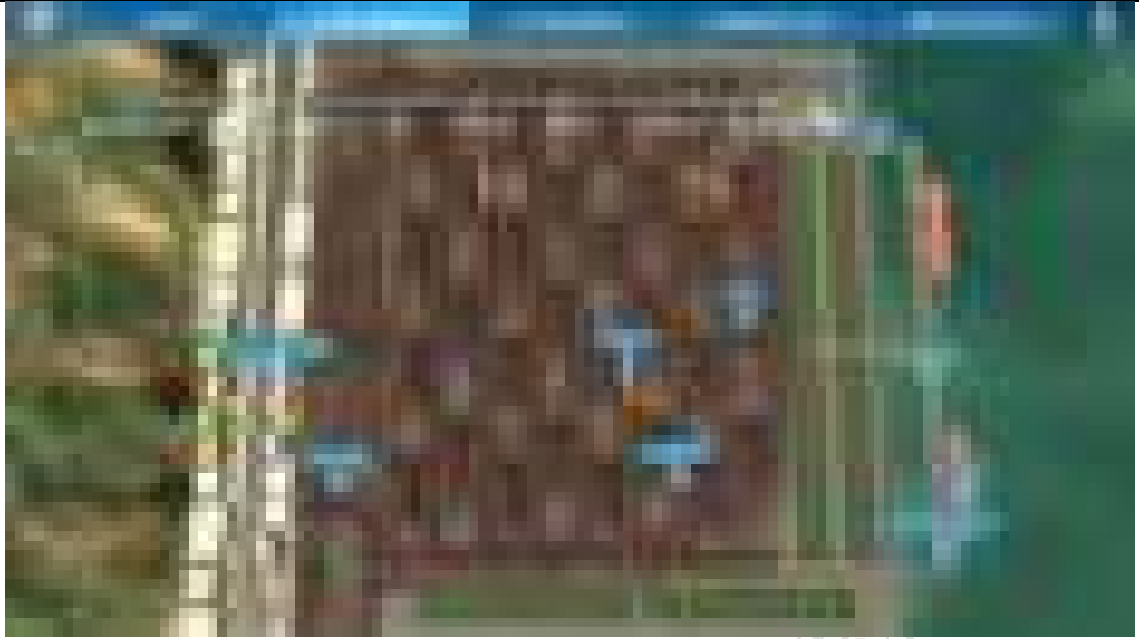


图 19 码头基本组成介绍



图 20 拖轮认知



图 21 船舶靠泊



图 22 散货船认知

步骤 3: 装卸机械认知

操作目的：帮助学生完成对矿石码头装卸工艺主要卸船机械的认知，熟悉装卸机械的工作效率等参数。

操作过程：点击码头前沿装卸作业按钮，出现船舶靠泊认知、装卸机械认知、机械设备选型三个子环节，点击装卸机械认知按钮进入场景。场景内有三种装卸机械，分别为带斗门机、桥式抓斗卸船机和链斗式卸船机（图 23），依次点击查看机械介绍，在介绍面板上点击“装卸作业”按钮观看此机械装卸作业的动画。学生学习完所有机械认知后进入下一步实验。

操作结果：了解三种装卸机械的工作原理及工作效率等参数。



图 23 装卸机械

步骤 4：机械设备选型

操作目的：帮助学生了解装卸机械与船型、橡胶护舷、水位等参数之间的关系，掌握装卸机械选型的依据。

操作过程：点击码头前沿装卸作业按钮，出现船舶靠泊认知、装卸机械认知、机械设备选型三个子环节，点击机械设备选型按钮进入场景。场景中给出了三种船型，鼠标放置在图片上可查看船型具体参数，学生选择一种船型点击确定。系统给出四种橡胶护舷，学生选择一种点击确定，系统计算其撞击力，点击详细数据按钮可查看选择的船型与橡胶护舷组合情况下的撞击力大小（图 24）。若船型与橡胶护舷的组合不匹配，系统提示“撞击能量超过橡胶护舷性能极限”并播放船撞击橡胶护舷撞坏的动画（图 25），动画播放后返回船型选择界面重新选择；若撞击力计算成功，则进入下一步。

场景给出三种装卸机械，学生选择一种点击确定，同时场景跳转到此种机械的装卸场景，学生输入外伸距和起升高度点击确定，系统分别判断外伸距与起升高度是否与场景匹配（图 26）。若外伸距过大，卸船机械将向海中倾倒，系统提示重新输入数据（图 27）；若外伸距过小，系统提示舱外侧物料无法卸船，请重新选择卸船机械（图 28）。若起升高度不满足要求，系统提示卸船机械起升高度过小，舱底物料无法卸船，请重新选择卸船机械（图 29）。当外伸距与起升高度都满足要求后才能进入下一步。

装卸机械选型完毕后，进入下一场景，学生输入船时效率和机械台数，系统计算泊位通过能力。若系统算得的泊位通过能力满足要求，则卸船机械选型成

功；若不满足，则系统提示泊位通过能力过小，不满足此港口年货运量要求（图 30），并重新输入参数计算，直至满足要求。

点击屏幕下方环节考核按钮完成题目并提交（图 31）。

操作结果：掌握撞击力的计算原理与方法、卸船机械选型的依据和泊位通过能力的计算原理与方法。



图 24 撞击力计算



图 25 撞击力计算失败



图 26 外伸距与起升高度校核



图 27 外伸距过大致机械倾覆



图 28 外伸距过小致卸料不完全



图 29 起升高度过小致卸料不完全



图 30 泊位通过能力计算失败

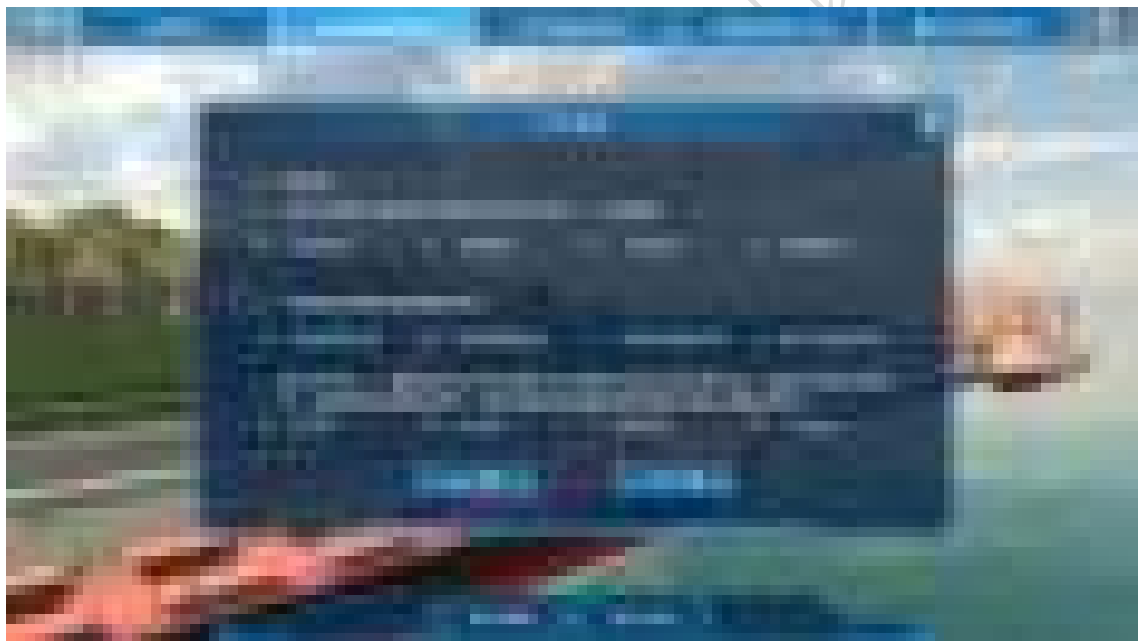


图 31 环节考核

2) 第二模块：水平输送系统设计（4个知识点）

步骤 5：平面尺度探究

操作目的：通过控制变量法，旨在帮助学生探究带式输送机输送能力与平面尺度的规律，为后续装卸工艺综合设计打下基础。

操作步骤：根据左侧弹开的步骤引导完成相关操作。点击水平输送系统设计按钮，出现平面尺度探究、驱动速度探究、空间槽角探究、输送带力学性能校核四个子环节，点击平面尺度探究按钮进入场景，系统弹出任务面板（图 32）。学生进入场景后，点击“问号”按钮，查看带式输送机输送能力计算原理（图

33)。系统随机给定一个带宽，学生输入3~5次带速和槽角，点击运行后，屏幕右侧出现输送能力与带速、槽角的曲面图和曲线图（图34），点击保存可将获取的图保存至下一步实验中。学生点击择优进入择优界面，择优界面中保存有之前输入的一组数据，选择自认为最优的一组数据提交（图35）。

操作结果：通过调整参数，获取多组曲线图，掌握带式输送机输送能力与带宽的规律，并在保存的多组数据中选择最优的一组提交。



图 32 输送能力规律探究任务面板界面



图 33 输送能力计算原理



图 34 平面尺度探究分析界面



图 35 平面尺度探究参数优化界面

步骤 6: 驱动速度探究

操作目的: 通过控制变量法, 旨在帮助学生探究带式输送机输送能力与驱动速度的规律, 为后续装卸工艺综合设计打下基础。

操作步骤: 点击水平输送系统设计按钮, 出现平面尺度探究、驱动速度探究、空间槽角探究、输送带力学性能校核四个子环节, 点击驱动速度探究按钮进入场景。学生进入场景后, 系统随机给定一个带速, 学生输入 3~5 次带宽和槽角, 点击运行后, 屏幕右侧出现输送能力与带宽、槽角的曲面图和曲线图 (图 36), 点击保存可将获取的图保存至下一步实验中。学生点击择优进入择优界

面，择优界面中保存有之前输入的一组数据，选择自认为最优的一组数据提交（图 37）。

操作结果：通过调整参数，获取多组曲线图，掌握带式输送机输送能力与带速的规律，并在保存的多组数据中选择最优的一组提交。



图 36 驱动速度探究分析界面



图 37 驱动速度探究参数优化界面

步骤 7：空间槽角探究

操作目的：通过控制变量法，旨在帮助学生探究带式输送机输送能力与空间槽角的规律，为后续装卸工艺综合设计打下基础。

操作步骤：点击水平输送系统设计按钮，出现平面尺度探究、驱动速度探究、空间槽角探究、输送带力学性能校核四个子环节，点击空间槽角探究按钮进入场景。学生进入场景后，系统随机给定一个槽角，学生输入 3~5 次带宽和带速，点击运行后，屏幕右侧出现输送能力与带宽、带速的曲面图和曲线图（图 38），点击保存可将获取的图保存至下一步实验中。学生点击择优进入择优界面，择优界面中保存有之前输入的一组数据，选择自认为最优的一组数据提交（图 39）。

操作结果：通过调整参数，获取多组曲线图，掌握带式输送机输送能力与槽角的规律，并在保存的多组数据中选择最优的一组提交。



图 38 空间槽角探究分析界面

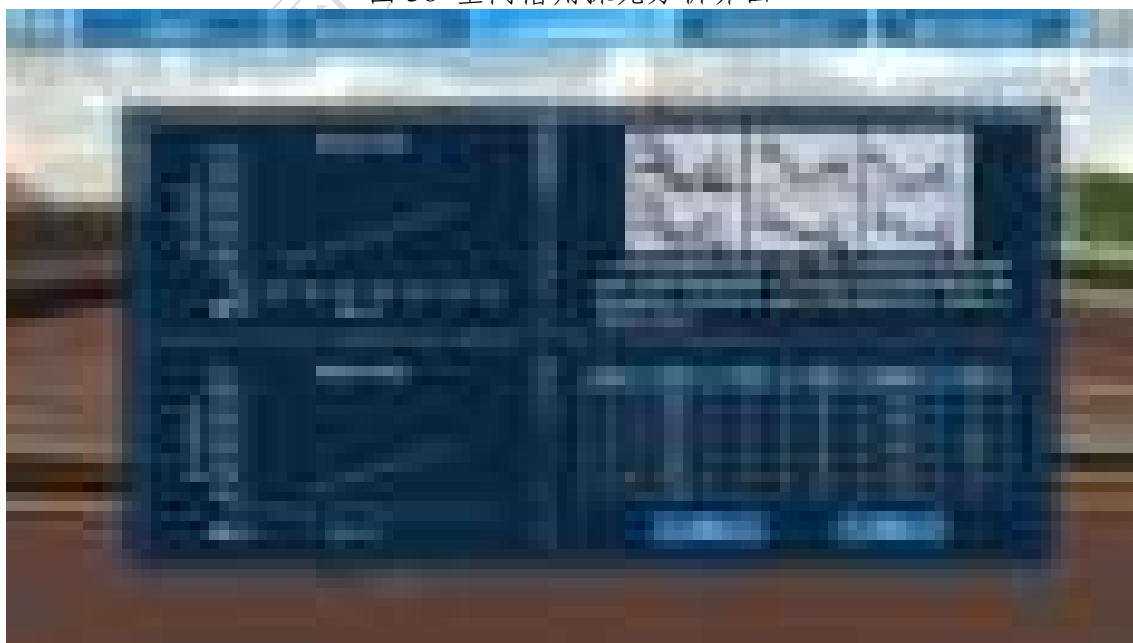


图 39 空间槽角探究参数优化界面

步骤 8: 输送带力学性能校核

操作目的: 帮助学生探究张紧力的主要影响因素, 进行带式输送机不打滑条件校核, 掌握皮带不打滑的要求。

操作步骤: 点击水平输送系统设计按钮, 出现平面尺度探究、驱动速度探究、空间槽角探究、输送带力学性能校核四个子环节, 点击输送带力学性能校核按钮进入场景, 系统弹出任务面板(图 40)。学生进入场景后, 点击右上角“问号”按钮, 查看输送带不打滑校核计算原理(图 41)。学生输入 3~5 次托辊间距和槽角, 点击运行后, 屏幕右侧出现皮带和滚筒的应力图、圆周驱动力与托辊间距、槽角的曲线图(图 42), 点击保存可将获取的图保存至下一步实验中。若输入的数据不满足皮带不打滑要求, 系统给出提示, 并要求学生重新进行不打滑条件校核(图 43)。学生点击择优进入择优界面, 择优界面中保存有之前输入各组数据, 选择自认为最优的一组数据提交(图 44)。

操作结果: 通过调整参数, 获取多组曲线图, 了解带式输送机张紧力的主要影响因素, 掌握不打滑条件的校核, 并在保存的多组数据中选择最优的一组提交。



图 40 输送带力学性能校核任务面板界面



图 41 输送带不打滑校核原理



图 42 皮带张力规律探究分析界面



图 43 皮带不打滑校核失败界面

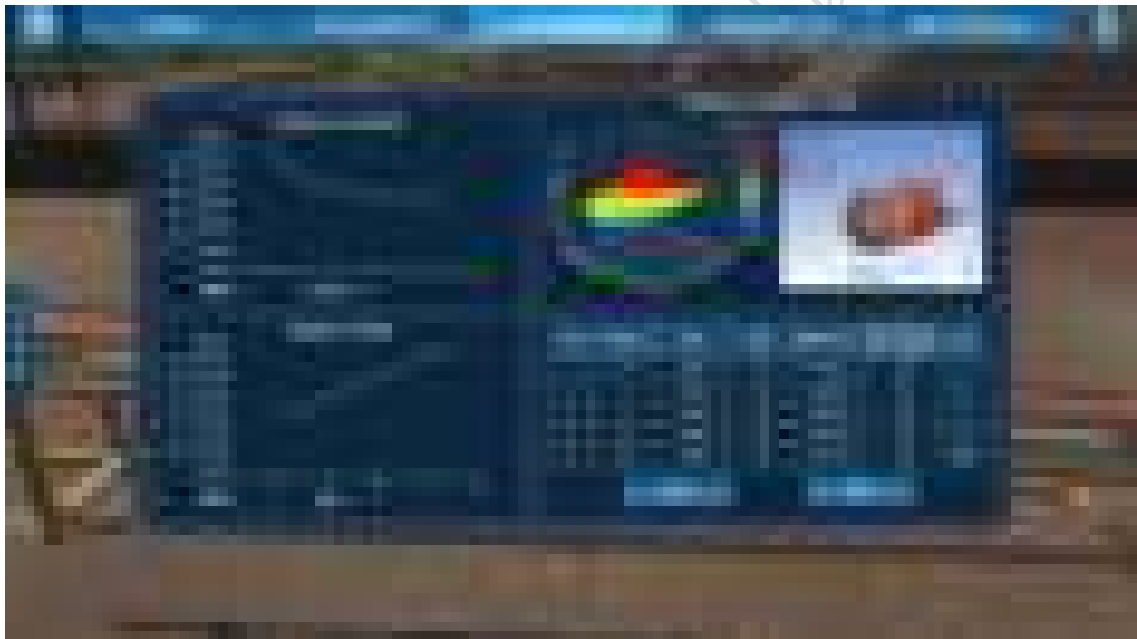


图 44 皮带张力探究参数优化界面

3) 第三模块：库场通过能力分析（2个知识点）

步骤 9：堆取料机选型

操作目的：帮助学生了解堆取料机与堆场布置等的关系，掌握堆取料机选型的依据。

操作过程：点击库场通过能力分析按钮，出现堆取料机选型、效能指标规律探究两个子环节，点击堆取料机选型按钮进入场景，系统弹出任务面板（图 45）。学生进入场景后，系统给出三种堆取料机参数，选择一种进行实验，系统根据选择的堆取料机跳转至相应的场景，学生输入堆场宽度和堆垛高度点击提

交，系统分别判断输入的数据与选择的堆取料机是否协调。若堆场宽度不协调，则提示“堆场两侧均布置悬臂式斗轮堆取料机，其臂架回转半径过小，无法堆取整个堆场的物料，请重新设计。”（图 46）；若堆垛高度不协调，则提示“物料堆高与堆取料机不协调，无法进行堆取料，请重新设计。”（图 47）。当堆场宽度和堆垛高度都满足要求后才能进入下一步。

操作结果：了解堆取料机的工作原理、工作效率等基本参数，掌握堆取料机选型的依据。



图 45 库场通过能力分析任务面板界面



图 46 堆场宽度校核失败界面



图 47 堆垛高度校核失败界面

步骤 10: 效能指标规律探究

操作目的: 帮助学生探究库场通过能力的主要影响因素, 掌握提高堆场作业效率的方法, 为装卸工艺综合设计打下基础。

操作步骤: 点击库场通过能力分析按钮, 出现堆取料机选型、效能指标规律探究两个子环节, 点击效能指标规律探究按钮进入场景。学生进入场景后, 选择一种堆垛形式, 输入 3~5 次货物平均堆存期、堆高和堆场面积, 点击运行后, 屏幕右侧出现库场通过能力与堆高、堆场面积、平均堆存期的曲面图及曲线图 (图 48), 点击保存可将获取的图保存至下一步实验中。学生点击择优进入择优界面, 择优界面中保存有之前输入的一组数据, 选择自认为最优的一组数据提交 (图 49)。

操作结果: 通过调整参数, 获取多组曲线图, 了解库场通过能力的主要影响因素, 掌握提高库场通过能力的方法, 在保存的多组数据中选择最优的一组提交。

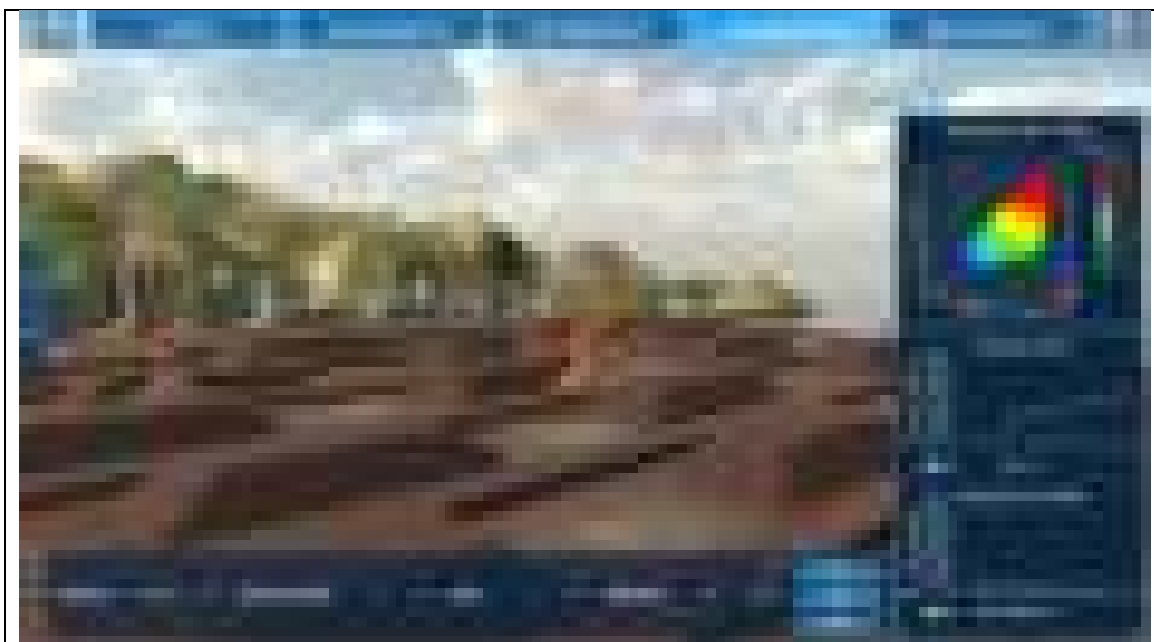


图 48 库场通过能力探究分析界面



图 49 库场通过能力探究参数优化界面

4) 第四模块：装卸工艺综合设计（2个知识点）

步骤 11：方案制定与优化

操作目的：依托连云港港25万吨级矿石码头，帮助学生在实际工程中设计矿石装卸工艺方案，并对方案进行调整优化。

操作过程：点击装卸工艺综合设计按钮，出现方案制定与优化、效果评价两个子环节，点击方案制定与优化按钮进入场景，系统弹出工程背景（图 50）。学生进入场景后，选择一种船型进行装卸工艺方案的制定。系统给出三种卸船机械，学生选择一种并输入船时效率，系统自动计算所需的机械台数。学生依据第

三模块的学习，选择一种堆取料机进行设计。在方案设计界面左上方给出了常态数据，包括之前输入的船时效率、系统算得的机械台数、工程造价、矿石密度、槽角、托辊间距和堆场面积，工程造价实时动态变化。输入带宽、带速、堆垛形式、货物平均堆存期、堆高进行方案设计（图 51）。系统判断带宽带速是否匹配，若不匹配，提示学生重新输入参数进行设计（图 52）；若匹配则系统自动计算设计方案的 $P_{卸船}$ 、 $P_{水平运输}$ 、 $P_{库场}$ 。系统算得的结果若不满足 $P_{卸船} < P_{水平运输} < P_{库场}$ ，则提示“方案卸船能力与水平运输能力不协调，请重新设计”，且界面货物运输的实时动态画面会根据算得数据在相应的位置出现堆积或不连续（图 53）；若满足 $P_{卸船} < P_{水平运输} < P_{库场}$ ，则方案设计成功，且界面货物运输的实时动态画面流畅，货物成功运输至堆场（图 54）。学生在提交方案时可点击方案详情按钮查看具体设计参数，以便调整优化设计方案（图 55）。在这一步骤中，学生可调整参数，反复设计，选择最满意的一种方案提交进行后续的效果评价。

操作结果：依托实际工程，了解矿石装卸工艺的设计要素，掌握矿石装卸工艺设计方案，并对优化设计方案有自己的见解。

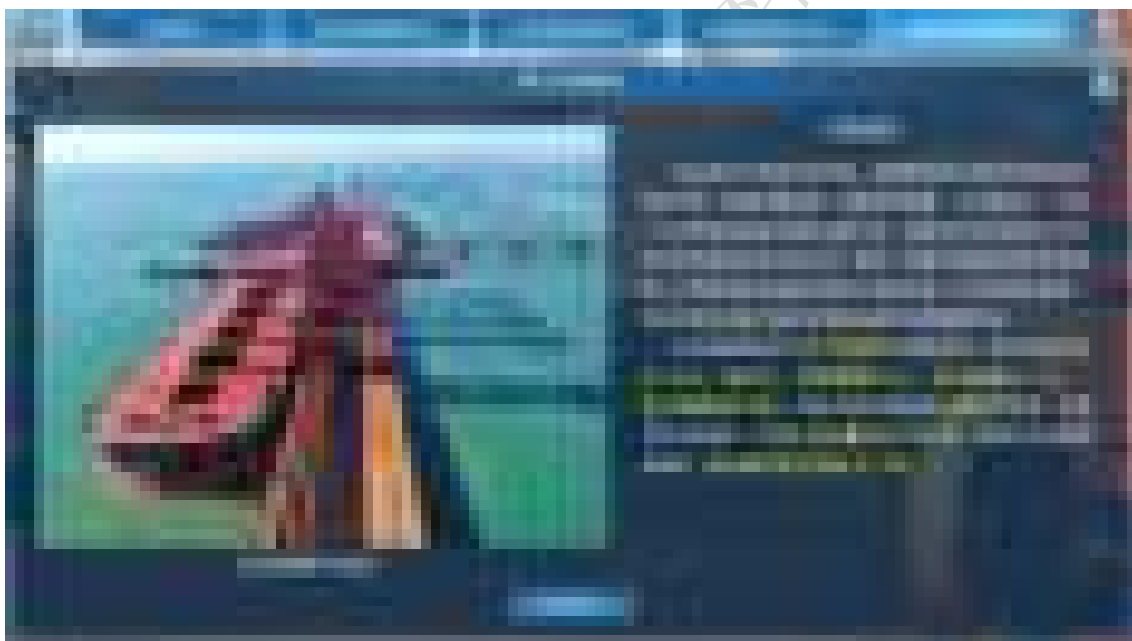


图 50 工程背景



图 51 方案设计界面



图 52 带宽带速不匹配



图 53 设计失败界面



图 54 设计成功界面



图 55 方案设计详情界面

步骤 12: 效果评价

操作目的: 帮助学生了解在矿石装卸工艺设计时, 从经济、环保、社会、安全、时效、能耗等六个方面对方案进行评价的方法。

操作过程: 点击装卸工艺综合设计按钮, 出现方案制定与优化、效果评价两个子环节, 点击效果评价按钮进入场景, 系统弹出任务面板(图 56)。学生进入场景后, 依次进行选择、提交, 系统自动计算每个评价的得分, 以柱状图的形式呈现(图 57), 最后根据学生自己预设的各评价指标的权重, 将六个得分汇总成六芒星图, 即为方案的最终效果评价(图 58)。

操作结果: 了解效果评价的内容, 掌握多维评价设计方案的方法。



图 56 效果评价任务面板界面



图 57 方案效益评价界面



图 58 方案评价六芒星图

实验结束后，学生可点击实验报告查看实验得分（图 59），点击提交按钮，提交实验数据到后台，供授课教师查阅、评定。实验报告包括方案设计报告、方案评价报告及各环节得分，便于学生回顾实验全过程。

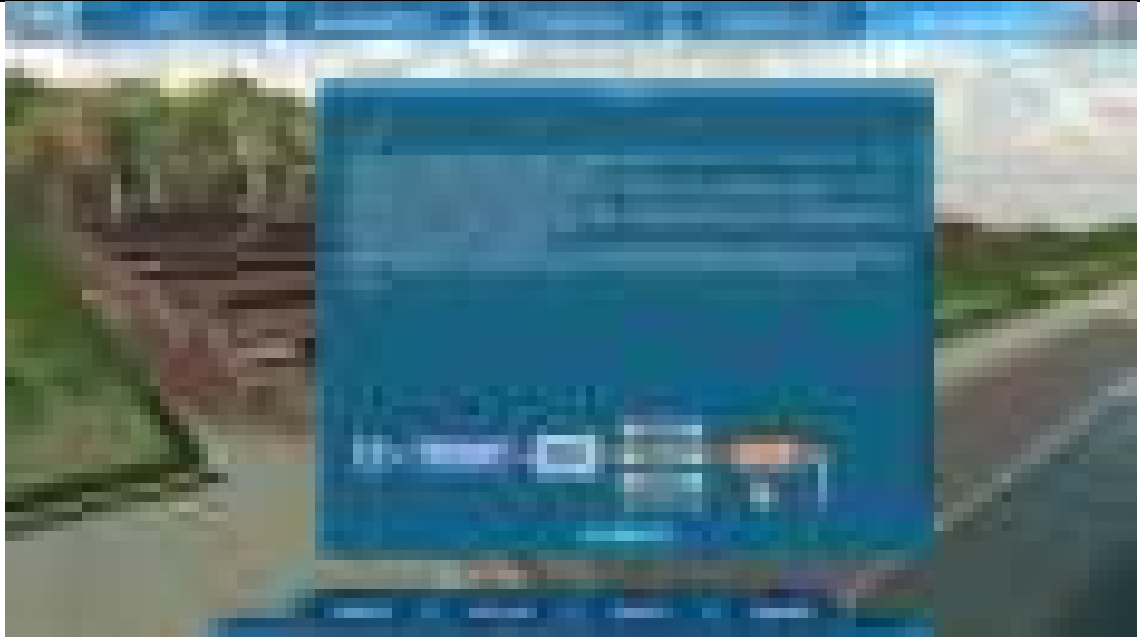


图 59 实验报告

3-7 实验结果与结论（说明在不同的实验条件和操作下可能产生的实验结果与结论）

实验报告记录学生所有的实验数据，以图表形式呈现，系统根据赋分模型，自动评判，给出实验成绩。实验报告可供学生查看，同时数据上传至实验课程网站后台，供教师查阅。实验结果评价采用“分模块、多层次”考核方式，完整评价学生知识结构与能力水平。图 60~图 63 为实验报告示例，结合实验报告示例对四个模块的实验结果与结论阐述如下：

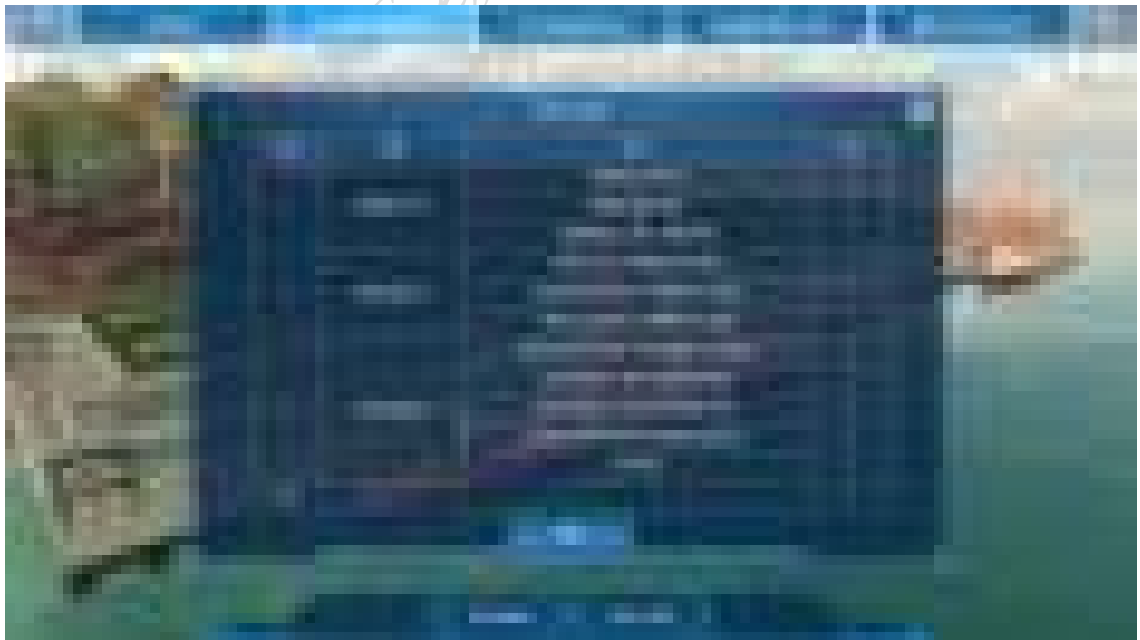


图 60 码头前沿装卸作业环节小结



图 61 水平输送系统设计环节小结

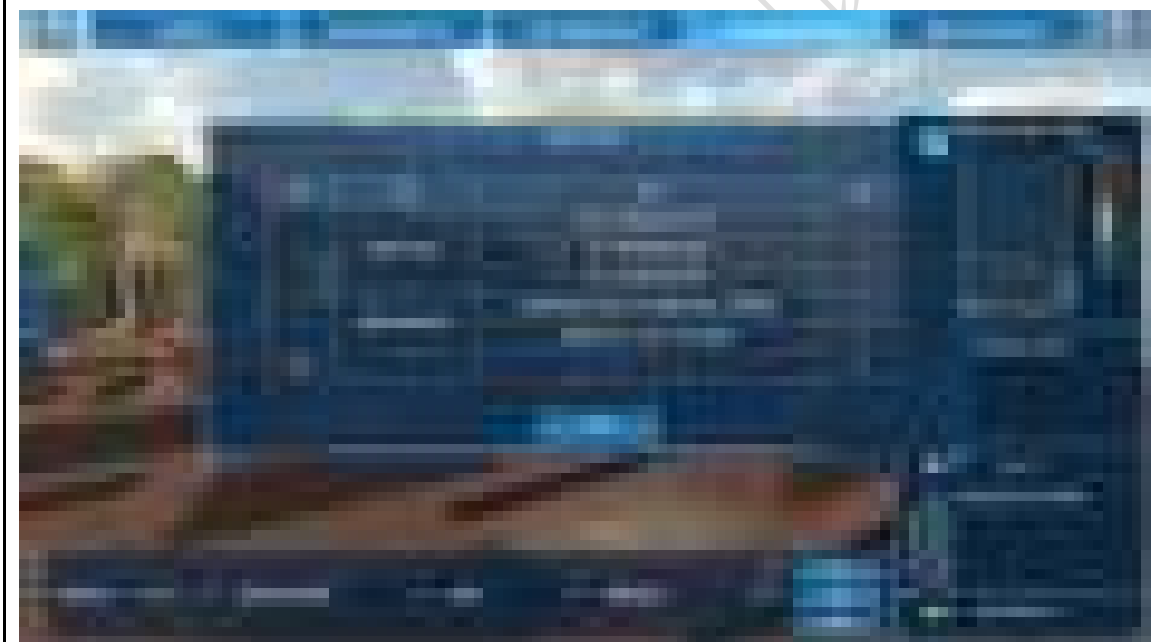


图 62 库场通过能力分析环节小结



图 63 装卸工艺综合设计环节小结

(1) 第一模块：码头前沿装卸作业

模块一中船舶靠泊认知环节和装卸机械认知环节，要求学生完成操作，加深矿石码头装卸工艺的基本认知；机械设备选型环节，要求学生针对不同的船型和橡胶护舷组合开展实验，通过调整外伸距和起升高度掌握卸船机械选型的依据，若组合不合理，则有可能出现橡胶护舷被撞坏、卸船机械倾覆、舱内物料无法卸货等情况，学生应重复实验，避免此类情况的发生。在完成本模块的所有操作后，通过思考题考查学生对矿石装卸工艺的理解程度。

(2) 第二模块：水平输送系统设计

水平输送系统的设计主要探究带式输送机输送能力与平面尺度、驱动速度、空间槽角的变化规律，要求学生进行不超过 5 次的可重复性实验，通过控制变量法获取各规律曲线（图 64），并在得知规律的基础上进行参数优化；输送带力学性能校核环节与本模块其他环节类似，进行不超过不超过 5 次的可重复性实验获取规律（图 65），校核皮带机不打滑条件，掌握不打滑要求，并进行参数优化。本模块考查学生探究科学规律的水平，培养其提取复杂数据、去繁从简的能力。

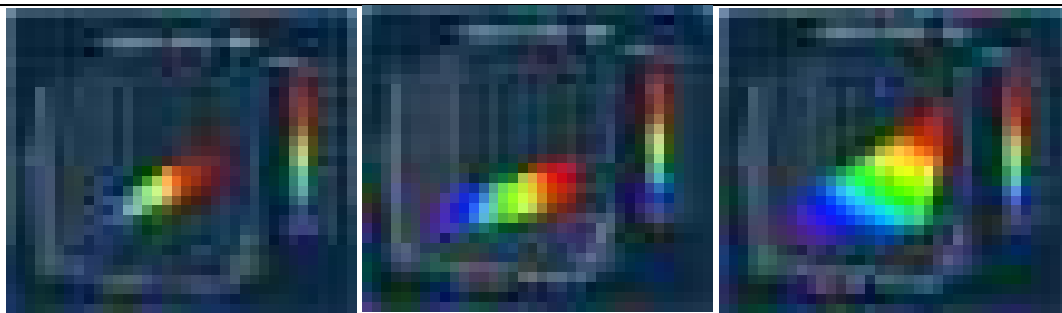


图 64 输送能力探究规律曲线



图 65 皮带张力探究规律曲线

(3) 第三模块：库场通过能力分析

堆取料机选型环节，要求学生针对一种堆取料机，通过调整堆场宽度和堆垛高度了解其与机型的关系，掌握堆取料机选型的依据，若学生参数设置出错，则堆取料机无法正常运行；效能指标规律探究环节主要探究库场通过能力与堆垛形式、货物平均堆存期、堆高和堆场面积的规律，要求学生进行不超过 5 次的重复性实验获取规律并在此基础上进行参数优化（图 66）。本模块与水平输送系统设计模块并列，旨在通过探究规律帮助学生掌握水平运输阶段和库场作业阶段设计的基本原理，为矿石装卸工艺综合设计打下基础。

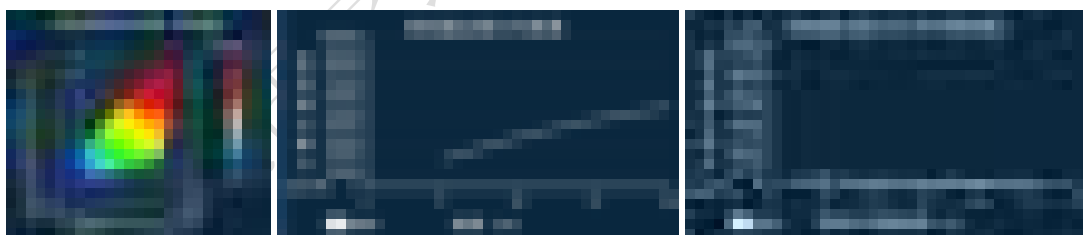


图 66 库场通过能力探究规律曲线

(4) 第四模块：装卸工艺综合设计

针对上述三个模块的基础认知和规律探究，结合工程实际，进行矿石码头装卸工艺的设计与优化，并对方案进行多个维度的评价。方案制定与优化环节，学生了解连云港港 25 万吨级矿石码头的工程背景，通过选取机械，设置参数进行方案设计。系统设置了能力协调的判别标准，要求学生满足能力协调后方可进行下一步的效果评价，若方案设计能力不协调，将出现货物运输堵塞或不连续的现象，影响整个装卸工艺的流程。学生可重复实验，选择一组方案提交进行效果评价。效果评价环节，要求学生从经济、环保、社会、安全、时效、能耗等六个方

面对方案进行评价，通过设置权重体现学生进行方案评价的侧重点，加权平均后获得方案的最终得分。本模块考查学生对所有知识点的理解和通过试错优化方案的水平，培养学生综合运用所学知识的能力。

(5) 实验报告

实验报告将不同模块的实验结果自动汇总，并根据赋分模型自动评分。

3-8 面向学生要求

(1) 专业与年级要求

港口航道与海岸工程专业，第六学期（三年级）

(2) 基本知识和能力要求

要求预先掌握《材料力学》、《结构力学》、《港口规划与布置》、《港口水工建筑物》、《港口装卸工艺》等课程的理论知识，要求具备一定的资料查询、文献检索能力，对港口工程结构及工程建设等相关背景知识有初步认知能力，具备初步的专业分析能力。

3-9 实验应用及共享情况

(1) 本校上线时间：2019年12月1日（上传系统日志，要求与实验已开设期次数数据保持一致）

(2) 已服务过的学生人数：本校 925 人，外校 362 人

(3) 附所属课程教学计划或授课提纲并填写：

纳入教学计划的专业数：1，具体专业：港口航道与海岸工程，

教学周期：5，学习人数：925

(4) 是否面向社会提供服务：●是 ○否

(5) 社会开放时间：2022年11月1日

(6) 已服务过的社会学习者人数：13人

4. 实验教学特色

（该虚拟仿真实验教学课程的实验设计、教学方法、评价体系等方面的特色，限 800 字以内）

建设世界一流的现代化海洋港口是海洋强国战略的必然要求。我国依赖进口的铁矿石通过海运至国内沿海码头，铁矿石码头的建设和运营已成为极为重要的环节。典型矿石码头装卸工艺的机械技术参数设计极为重要，关系到港口从业人员的生命财产安全。传统课堂教学过程瓶颈效应明显，实践认知及实体实验均受制于占地面积大、实验成本高、开展周期长、现场危险大等一系列因素，尚无国内高校或科研机构开展实体实验，造成学生学习过程中理论与实践脱节。因此，本虚拟仿真实验聚焦矿石码头装卸工艺，打造高度仿真的实验平台，便于学生直观地体验装卸工艺全过程及其对港口平面布置和通过能力的影响。

注重思政元素，将思政教育全方位贯穿、深层次融入虚拟仿真实验课程。通过课前思政环节，让学生认识到港口建设的重要性，增强学生建设“国之重器”的理想信念；通过介绍数字化、智慧化港口，触发学生为我国“海洋强国”战略建设现代化港口的使命感。根据高度仿真的实验课程，真实再现港口装卸工艺全过程，让学生沉浸式地体验装卸工艺合理设计的重要性以及行业的责任及使命感，将“课程思政”潜移默化地融入实验教学过程。

虚拟仿真实验课程以链条流程设计，串联多学科知识点融会贯通。码头装卸工艺设计作为港口工程结构方向的重要内容，涉及知识点多，分布于多门课程，学生串联知识点的能力较差。本实验以链条式方法设计实验模块、串联知识点，打造集成式教学内容，提高学生对多课程知识点的理解程度，支撑复合型人才培养需求，拓展教学内涵，是对传统教学方法、资源的有效延伸与拓展。

实验教学采用任务驱动式、探究式、启发式的教学方法，秉承“以教师为引导、以任务为主线、以学生为主体”三位一体的指导方针。课程实验以实际工程为依托，真实反映港口装卸设备与港口平面布置的关系；实验增添了带式输送机全周期数学模型及六维度方案评价，在保持基本知识的基础上，紧密围绕“两性一度”的“金课”标准，提升教学内容的科技含量。

5. 实验教学在线支持与服务

- (1) 教学指导资源: ☒教学指导书☒教学视频 ☒电子教材☒课程教案
(申报系统上传) ☒课件(演示文稿) ☒虚拟仿真资源☐其他
- (2) 实验指导资源: ☒实验指导书☒操作视频 ☒知识点课件库☒习题库
(申报系统上传) ☒测试卷☒考试系统 ☐其他
- (3) 在线教学支持方式: ☐热线电话☒实验系统即时通讯工具 ☐论坛
☒支持与服务群☐其他
- (4) 3 名提供在线教学服务的团队成员; 4 名提供在线技术支持的技术人员; 教学团队保证工作日期间提供 4 小时/日的在线服务

6. 实验教学相关网络及安全要求描述

6-1 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)

带宽要求: 100M 以上。综合技术人员测试和参与虚拟仿真实验课程学习的学生调研情况,我们推荐客户带宽需在 100M 以上。当客户端带宽低于 100M 时常会出现网络丢包现象;网络延时偏高、网络抖动幅度和频率总体偏大;打开课程主页的速度较慢,测试中用时最长达到了 500ms,特别是进入虚拟仿真实验课件时加载卡顿现象也常有发生,有超过 5 分钟仍未能进入课件,访问效果不理想。当客户端带宽在 100M 以上时课件的加载速度和交互体验都比较理想,课件加载速度普遍可以保证在 1 分钟以内,少部分情况会有超过 1 分钟的加载时间。基于以上测试结果,我们推荐客户机的带宽应大于 100M。

- (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)

500

6-2 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

本虚拟仿真实验课程支持的计算机操作系统包括：Windows7/8/10/11，Deepin20.9/UOS V20/KylinOS V10（国产 Linux 系统）

（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

6-3 用户非操作系统软件配置要求（兼容至少 2 种及以上主流浏览器）

（1）非操作系统软件要求（支持 2 种及以上主流浏览器）

☒谷歌浏览器 ☐IE 浏览器 ☒360 浏览器 ☒火狐浏览器 ☐其他

（2）需要特定插件 ○是 ●否

如勾选“是”，请填写：

插件名称：（插件全称）

插件容量：M

下载链接：

（3）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）

浏览器类型	是否支持	备注
Mozilla Firefox 104 及以上版本	支持	需使用 x64 版
Google Chrome 102 及以上版本	支持	须使用 x64 版
Edge 106 及以上版本	支持	须使用 x64 版
360 浏览器	支持	须使用 x64 版 360 浏览器基于 IE 和 Chrome 双内核构建，其中 Chrome 内核可支持本课程虚拟仿真课件运行，IE 内核则不支持； 使用 360 浏览器学习本课程需保证浏览器开启急速模式、智能开启硬件加速、关闭浏览器鼠标手势功能。

系统已对不兼容的浏览器做了提示，并在提示界面提供兼容的浏览器下载地址，截图如下：



6-4 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

处理器：Intel（R）Core（TM）i5 主频：2.6GHz 内存：8GB 显卡：NVIDIA GeForce GTX 1060 3GB

（2）其他计算终端硬件配置要求

无特殊要求，满足能上网功能即可。

6-5 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○有

如勾选“有”，请填写其他计算终端特殊外置硬件要求：

6-6 网络安全（实验系统要求完成国家信息安全等级二级认证）

（1）是否已完成定级备案：●是 ○否

请选择备案主体：●课程所属学校名称 ○其他

证书编号：32011643007-21001

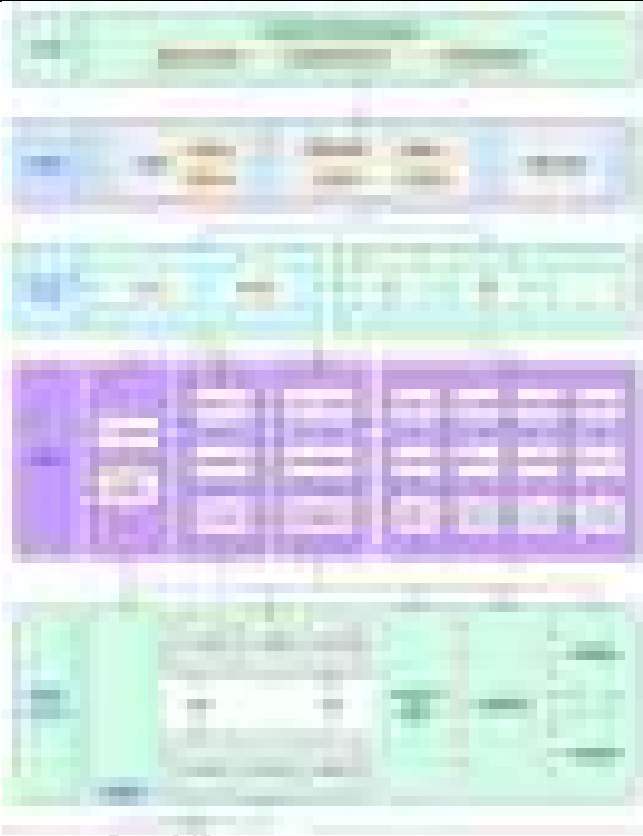
请附信息系统安全等级保护备案证明

（2）是否已完成等保测评：●是 ○否

请附正式测评报告中实验系统的相关描述页面（等级测评结论页、实验与平台隶属关系描述页等）

7. 实验教学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	本系统是基于 B/S 架构设计的虚拟仿真实验教学平台。系统采用轻量化的开发语言和模块化设计方案，部署简单、使用方便。系统支持分布式部署方案，可随使用情况动态扩充容量，基于容器化部署还可实现自动扩容，无需人为干预。 系统包含实验实训、实验报告、实验指南、数据统计、考试系统、帮助中心、安全中心、资源中心、协同服务、学问系统和知识角等功能模块。系统除支持虚拟仿真实验外还可上传视频和其它文档资料，支持系统化课程体系学习。系统可对学生实验、学习数据做详细记录并分析每个学生的学习情况和整体学生知识掌握情况，实验报告系统可对学生提交的实验报告进行自动批阅也可由教师人工批阅或学生相互阅评。 系统用户分为教师和学生两种角色。教师可发布实验资源、建设实验课程、设置课程共享信息、可查看发布课程的学习情况、可批阅学生实验报告和考试。学生可报名参与课程，可观看报名课程的视频操作课程的实验资源，可查看个人的学习情况，可评价学习课程、参与课程讨论，可参与实验报告互评等。

		
实验教学	开发技术	☒ VR ☐ AR ☐ MR ☒ 3D 仿真 ☐ 二维动画 ☒ HTML5 ☐ 其他
	开发工具	☒ Unity3D ☒ 3D Studio Max ☒ Maya ☐ ZBrush ☐ SketchUp ☐ AdobeFlash ☐ UnrealDevelopment Kit ☐ Animate CC ☐ Blender ☒ Visual Studio ☐ 其他

	运行环境	服务器 CPU 16 核、内存 32 GB、磁盘 1000 GB、 显存 0 GB、GPU 型号 无 操作系统 ☐ Windows Server ☒ Linux ☐ 其他 具体版本：Centos7 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） 是否支持云渲染： ☐ 是 ☒ 否
	实验品质（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）	单场景模型面数：40 万个； 贴图分辨率：512px * 512px； 每帧渲染次数：30calls； 动作反馈时间：10ms； 显示刷新率：60FPS； 分辨率：3840ppi * 2160ppi 其他：

8. 实验教学课程持续建设服务计划

（本实验教学课程今后 5 年继续向高校和社会开放服务计划及预计服务人数）

（1）课程持续建设

日期	描述
第一年	增加矿石码头粉尘污染监测，开展粉尘防治措施设计，完善绿色港口建设
第二年	增加矿石装船工艺设计，形成矿石码头进出口全工艺流程，夯实设计基本技能；
第三年	结合《港口规划与布置》专业课程需求，增加货物进出港铁路及公路设计，完善港口集疏运及配套系统功能
第四年	结合《港口装卸工艺》专业课程需求，增加集装箱、件杂货、液体散货等装卸工艺设计
第五年	整合各货种的装卸工艺实验模块，耦合装卸作业系统、存储分运系统、集疏运及配套系统、环境保护设计与景观系统，建设综合性港口

其他描述:

无

(2) 面向高校、社会的教学推广应用计划

日期	推广高校数	应用人数	推广行业数	应用人数
第一年	3	200	1	150
第二年	5	400	1	300
第三年	7	600	2	600
第四年	10	1000	3	1000
第五年	15	1500	5	2000

其他描述:

无

9. 知识产权

软件著作权登记情况	
以下填写内容须与软件著作权登记一致	
软件名称	矿石码头装卸工艺优化设计虚拟仿真实验软件 V1.0
是否与课程名称一致	☒ 是 ☐ 否
每栏只填写一个著作权人，并勾选该著作权人类型。如勾选“其他”需填写具体内容；如存在多个著作权人，可自行增加著作人填写栏进行填报。	
著作权人	著作权人类型
河海大学	☒ 课程所属学校 ☐ 企业 ☐ 课程负责人 ☐ 学校团队成员 ☐ 企业人员 ☐ 其他
权利范围	全部权利
软件著作登记号	2022SR0670271
请附软件著作登记证书	



如软件著作权正在申请过程中，尚未获得证书，请填写受理流水号。

受理流水号	
-------	--

10. 诚信承诺

本团队承诺：申报课程的实验教学设计具有一定的原创性，课程所属学校对本实验课程内容（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课程的一切资源）享有著作权，保证所申报的课程或其任何一部分均不会侵犯任何第三方的合法权益。

实验教学课程负责人（签字）：

年 月 日

11. 附件材料清单

1. 课程团队成员和课程内容政治审查意见（必须提供）

（申报课程高校党委负责对本校课程团队成员以及申报课程的内容进行政审，出具政审意见并加盖党委印章；团队成员涉及多校时，各校党委分别对本校人员出具意见；非高校成员由其所在单位党组织出具意见。团队成员政审意见内容包括政治表现、是否存在违法违纪记录、师德师风、学术不端、五年内是否出现过重大教学事故等问题；课程内容审查包括价值取向是否正确，对于我国政治制度以及党的理论、路线、方针、政策等理解和表述是否准确无误，对于国家主权、领土表述及标注是否准确，等等。）

2. 课程内容学术性评价意见（必须提供）

〔由学校学术性组织（校教指委或学术委员会等），或相关部门组织的相应学科专业领域专家（不少于 3 名）组成的学术审查小组，经一定程序评价后出具。须由学术性组织盖章或学术审查小组全部专家签字。无统一格式要求。〕

3. 校外评价意见（可选提供）

（评价意见作为课程有关学术水平、课程质量、应用效果等某一方面的佐证性材料或补充材料，可由课程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。）