# 矿石码头装卸工艺优化设计虚拟仿真实验

# 实验指导书

项目名称: 矿石码头装卸工艺优化设计虚拟仿真实验			
学校	河海大学	学院	港口海岸与近海工程学院
标题: 矿石码头装卸工艺优化设计虚拟仿真实验			
简介:			
港口是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。本项目依托连云港港25万吨级矿石码头,结合《港口规划与布置》、			
《港口装卸工艺》、《港口水工建筑物》等课程,自主开发了矿石码头装卸工艺虚拟仿真实			
验,是在高等教育层面对海洋强国战略的重要落实。			
피기바세ㅋ	+ 11 11 日 11 11 11 11 11 11 11 11	千五山白 山日	レナサレーアロレトレーレルチ

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。合理的码头装卸工艺,是港口安全高效运营的基础。但由于其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。

本实验以矿石码头装卸工艺为主线,设计开发了"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"四个虚拟仿真实验模块,促使学生掌握矿石码头 装卸工艺的基本原理和设计方法,并在综合设计实验模块中巩固理论知识、夯实设计基础、 培养实践能力。学生通过对虚拟仿真项目各个实验模块的操作,直观地参与装卸工艺的设计, 掌握相关港口工程类专业核心课程的关键知识点,提升创新能力。项目设计了12个实验步 骤,涵盖"基本认知、规律探究、应用实践"三层面实验教学内容和能力的培养。虚拟仿真 实验的主页面见图1。



实验步骤:

实验从开场视频开始,分别设计了四个主要模块,每个模块设计多个子环节并配有任务 栏及引导说明,采取任务驱动,引导学生逐步完成矿石码头装卸工艺的设计。实验共4学时, 12个实验操作步骤。具体介绍操作步聚如下:

(1)项目初始化

输入项目网址(https://xnfzgx.hhu.edu.cn/exp/50.html),进入虚拟仿真实验平台,出现 图 2 所示的账号登录界面。

输入用户名密码,点击登录。建议使用 Firefox 或者 Chrome 等浏览器加载虚拟仿真实 验。第一次登陆时,将首先从服务器下载虚拟仿真程序,需等待半分钟,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3),点击确定后进入实验大厅,出现是否需要新手引导界面(图4),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、实验目的、实验流程,以及实验 需要的基本知识。





### 步骤 2: 船舶靠泊认知

①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(图6)。



图 6 码头前沿装卸作业任务界面

②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7),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。



图 7 码头基本组成介绍

③学生点击"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8),再观看靠泊动画(图9),动画播放完毕后散货船、橡胶护舷高亮闪动(图10), 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。





图 10 散货船认知

## 步骤 3:装卸机械认知

①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11)。

②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(图12),学习完所有机械认知后进入下一步实验。



图 11 装卸机械



图 12 装卸作业

## 步骤 4: 机械设备选型

①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,选择一种船型点击确定(图13)。

②系统给出四种橡胶护舷,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 14)。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 15),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。

③场景给出三种装卸机械,选择一种点击确定,同时场景跳转到此种机械的装卸场景, 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16)。 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17);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18)。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 19)。当 外伸距与起升高度都满足要求后才能进入下一步。

④装卸机械选型完毕后,进入下一场景,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 20),并重新输入参数计算,直至满 足要求。点击环节考核按钮完成题目并提交(图 21)。











图 23 输送能力计算原理

③系统随机给定一个带宽,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 24),点击保存可将获取的图保存至下一步实验 中。



图 24 平面尺度探究分析界面

④点击择优进入择优界面,择优界面中保存有之前输入的各组数据,选择自认为最优的 一组数据提交(图 25)。



②点击择优进入择优界面,择优界面中保存有之前输入的各组数据,选择自认为最优的 一组数据提交(图 27)。



图 27 驱动速度探究参数优化界面

## 步骤 7: 空间槽角探究

①点击空间槽角探究按钮进入场景。进入场景后,系统随机给定一个槽角,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
28),点击保存可将获取的图保存至下一步实验中。



#### 图 28 空间槽角探究分析界面

②点击择优进入择优界面,择优界面中保存有之前输入的各组数据,选择自认为最优的 一组数据提交(图 29)。



图 29 空间槽角探究参数优化界面

## 步骤 8: 输送带力学性能校核

①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30)。



图 30 输送带力学性能校核任务面板界面

②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 31)。
③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 32),点击保存可将获取的图保存至下一步实验中。

④若输入的数据不满足皮带不打滑要求,系统给出提示,并要求重新进行不打滑条件校核(图 33)。

⑤点击择优进入择优界面,择优界面中保存有之前输入的各组数据,学生选择自认为最优的一组数据提交(图 34)。





图 34 皮带张力探究参数优化界面

### (4) 第三模块: 库场通过能力分析

### 步骤 9: 堆取料机选型

①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35)。



图 35 库场通过能力分析任务面板界面

②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。

③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 36);

④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 37)。



图 36 堆场宽度校核失败界面



图 37 堆垛高度校核失败界面

⑤当堆场宽度和堆垛高度都满足要求后才能进入下一步。

## 步骤 10: 效能指标规律探究

①点击效能指标规律探究按钮进入场景。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 38),点击保存可将获取的图保存至下一步实 验中。

②点击择优进入择优界面,择优界面中保存有之前输入的各组数据,选择自认为最优的 一组数据提交(图 39)。







#### 图 42 堆取料机选择

⑤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,并且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 43)。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 44);若匹配则系统自动 计算设计方案的 P ##、P \*FEE输、P #56。系统算得的结果若不满足 P ##8<P \*FEE输<P #56,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 45);若满足 P ##8<P \*FEE输<P #56,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 46)。





(图 47)。此步骤可调整参数,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。



图 47 方案设计详情界面

### 步骤 12: 效果评价

①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 48)。



#### 图 48 效果评价任务面板界面

②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 49),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 50)。



图 49 方案效益评价界面



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(图51)。

