

第二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：智能辅助康复设备虚拟仿真实验

专业类代码：0807

负责人：李春江

联系电话：13069939999

申报学校：牡丹江师范学院

填表日期：2021年6月5日

推荐单位：牡丹江师范学院

中华人民共和国教育部制

二〇二一年四月

填报说明

- 1.专业类代码指《普通高等学校本科专业目录（2020）》中的专业类代码（四位数字）。
- 2.文中○为单选；□可多选。
- 3.团队主要成员一般为近5年内讲授该课程教师。
- 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	智能辅助康复设备虚拟仿真实验	是否曾被推荐	<input type="radio"/> 是 <input checked="" type="radio"/> 否
实验所属课程 (可填多个)	智能控制系统		
性质	<input type="radio"/> 独立实验课 <input checked="" type="radio"/> 课程实验		
实验对应专业	电子信息科学与工程、电气工程及其自动化		
实验类型	<input type="radio"/> 基础练习型 <input checked="" type="radio"/> 综合设计型 <input type="radio"/> 研究探索型 <input type="radio"/> 其他		
虚拟仿真必要性	<input type="checkbox"/> 高危或极端环境 <input checked="" type="checkbox"/> 高成本、高消耗 <input type="checkbox"/> 不可逆操作 <input type="checkbox"/> 大型综合训练		
实验语言	<input checked="" type="checkbox"/> 中文 <input type="radio"/> 中文+外文字幕(语种) <input type="radio"/> 外文(语种)		
实验已开设期次	共 3 次: 1. 时间、人数: 2018 年 9 月 63 人 2. 时间、人数: 2019 年 10 月 94 人 3. 时间、人数: 2020 年 10 月 120 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) http://10.100.117.120:9090/login		

2. 教学服务团队情况

2-1 团队主要成员(含负责人, 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	李春江	1970 年 7 月	牡丹江师范学院	校长	教授	13069939999	jmslcj@sohu.com	总体策划
2	白龙	1982 年 8 月	牡丹江师范学院	教师	讲师	15845304801	long_mdj@163.com	平台运行管理
3	张雾琳	1982 年 2 月	牡丹江师范学院	教师	讲师	13163612032	240577393@qq.com	项目设计及实施
4	刘陶唐	1990 年 2 月	牡丹江师范学院	教师	讲师	13945365582	liutaotang51@126.com	平台维护管理
5	付东辉	1968 年 12 月	牡丹江师范学院	教师	教授	13845359305	mdjfdh@126.com	项目实施平
2-2 团队其他成员								
序号	姓名	出生年月	单位	职务	职称	承担任务		
1	孙霄霄	1979 年 11 月	牡丹江师范学院	教师	教授	项目制作		
2	马建峰	1990 年 11 月	牡丹江师范学院	教师	助教	平台运行管理		
3	付杨	1989 年 10 月	牡丹江师范学院	教师	助教	项目制作		

团队总人数：8人 其中高校人员数量：8人 企业人员数量：0人

2-3 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）

学术研究课题：

1. 重楼对乳腺癌原代细胞及荷瘤鼠体内肿瘤生长抑制机制的研究，黑龙江省自然科学基金项目，2012.01-2014.12，主持人.
2. 重楼对乳腺癌肿瘤细胞生长抑制机制的研究，佳木斯大学重点项目，2012.08-2015.07，主持人.
3. 我国 HIV 流行毒株包膜蛋白 env gp41 中和表位的筛选和鉴定，国家自然科学基金面上项目，2010/01-2012/12，第四名.
4. 低温等离子治疗早期喉癌及癌前病变的可行性研究，黑龙江省卫生计生委科研课题，2015.01-2016.12，第六名.
5. 黑龙江省东部地区成人面部角度测量研究，黑龙江省教育厅项目科学技术研究项目，2011.01-2013.02，第四名.

学术论文：

1. Correlations of IFN- γ genetic polymorphisms with susceptibility to breast cancer: a meta-analysis, *Tumor Biology*, 第一作者, 2014.
2. Study of the first antibacterial agent pipemidic acid modifying Keggin polyoxometalate, *Inorganic Chemistry Communications*, 第一作者, 2011.
3. catena-Poly[[bis[2-(2-pyridyl)-1-H-imidazole- κ 2N2,N3] cadmium]- μ - benzene -1,3-dicarboxylato- κ 2O1:O3], *Acta Crystallographica Section E*, 第一作者, 2011.
4. Induction of apoptosis by Rhizoma Paridis saponins in MCF-7 human breast cancer cells, *African Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 第二作者, 2011.
5. 鲍曼不动杆菌的单药治疗及其联合使用的研究, *医学信息*, 通讯作者, 2019.

学术研究表彰/奖励

1. 我国 HIV 流行毒株包膜蛋白 env gp41 中和表位的筛选和鉴定，黑龙江省科学技术进步二等奖，黑龙江省人民政府，第三名，2015.
2. 教师评价管理系统 V1.0（2016SR342836）计算机软件著作权，国家版权局，第一名，2016.
3. 蓝莓采摘控制系统 V1.0（2016SR342816），计算机软件著作权，国家版权局，第一名，2016.
4. 评教问卷调查系统 V1.0（2017SR217625），计算机软件著作权，国家版权局，第二名，2016.
5. 农业物联网网关平台系统 V1.0（2017SR216564），计算机软件著作权，国家版权局，第 2016.

注：必要的技术支持人员可作为团队主要成员；“承担任务”中除填写任务分工内容外，请说明属于在线教学服务人员还是技术支持人员。

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）

康复仿生机器人控制虚拟仿真实验依托牡丹江师范学院虚拟仿真实验教学中心和机器人项目组建设，借助信息化虚拟仿真技术，将康复仿生机器人控制技术的相关知识以虚拟仿真实验的形式对外开放共享，实现将科研成果转化为教学应用。

通过该实验，学生可了解康复过程的特点，掌握康复仿生机器人结构设计、姿态控制、路径规划、轨迹跟踪等机器人学知识，探索新的康复机器人控制算法及仿生机构。虚拟仿真实验的内容完全基于真实实验过程及数据而设计，再现了康复实验环境，还原了康复仿生机器人结构设计、运动学/动力学分析、姿态控制、路径规划及轨迹跟踪等实验的全过程。

康复仿生机器人以下肢为原型，通过模仿下肢的特性实现步态的运动。虚拟仿真实验按照机器人行走时的实际工作状态，构建康复环境的虚拟仿真场景及仿生机器人虚拟模型（结构模型、物理属性、运动学/动力学模型等）。

3-2 实验教学目标（实验后应该达到的知识、能力水平）

依据本科教学大纲，面向机器人技术教学中的结构设计、姿态控制、路径规划、轨迹跟踪、创新设计 5 个方面的内容，实验项目共设计了七个实验模块（即康复仿生机器人结构设计、单关节姿态控制、多关节姿态控制、康复仿生机器人路径规划、单关节仿生机器人轨迹跟踪、多关节仿生机器人轨迹跟踪、新型康复机器人设计及控制探索创新实验），并依据知识水平和能力要求，划分为三个层次（基础训练、综合设计、探索创新），形成“三层次、七模块、一体化”的实验教学体系，使实验教学内容由理论验证向综合应用、研究设计和创新开发逐步延伸，保证不同阶段的学生都能在虚拟仿真实验中根据知识需求来进行自主学习。可以达到以下教学目标：

（1）实现实验教学系统改革的目标。构建综合性的工业机器人项目实验室，使得教学系统发生根本性的改变。传统的工业机器人教学实验系统是以特定的工况环境建立起来的，成本高、可配置性差。往往一套康复机器人系统由其特定工况所定，如上下肢康复机器人需要配备康复转台等，所以这套康复机器人基本上就只能做单一康复，做其他的实验还得在其他的工位上进行；而采用虚拟康复机器人实验平台就能克服这一缺点，实现机器人的多种场合的实验训练。

（2）实现康复机器人实验教学模式的改革目标。采用 Robotstudio 工业机器人虚拟实验平台，有利于学生开展项目制的学习。如采用“理实一体化”的教学模式、“项目引导—任务驱动”的教学模式。设计实际康复环境，了解机器人应用编程与外围传感器以及通信等设备的联系，以做到更为全面的“教、学、做”为一体的教学体系，实现教学与工作岗位的最大程度的衔接。

（3）实现个性化的教学目标。Robotstudio 中含有大量的康复机器人模型以及外部器件模型，当然也可以自己设计出各种模型，然后导入康复机器人系统中。各种康复机器人模

型可以配上 smart 智能组件，这种组件具有传感器的性质，可以实现和康复机器人控制的电气连接。可以让学生的创意不限于教学计划的课程设计，从而培养学生的创造能力与解决问题的能力。

牡丹江师范学院利用虚拟现实仿真智能康复设备系统，以教学和学生为中心，进行智能康复的基础理论和临床操作技能培训，开创并探索康复教学规范化和可量化新途径，为系统性造就素质优良，能适应当前临床需要，并可承担我国康复设备的可持续发展的后继人才奠定重要基础，为我国其他院校及培训机构建设数字化康复设备教学体系提供重要参考。

3-3 实验课时

(1) 实验所属课程课时：8 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)

人体下肢通过神经系统控制骨骼肌的收缩驱动各关节的运动，从而实现下肢各种比较复杂的运动。如人体下肢的前后行走的周期性行为和跳跃、奔跑等非周期性行为，其中下肢步行运动是设计下肢步态训练康复机器人的基本运动形式。一个完整的双足步行运动周期由两个状态组成：支撑状态和单腿摆动状态，支撑状态表示人体下肢站立在地面上的状态，单腿摆动状态表示人体下肢在空中摆动的状态。下肢步态康复训练机器人协助患者进行步态行走，患者可根据病情恢复情况改变机器人的训练模式，即由被动控制训练阶段到主动控制训练阶段。减重系统即患者通过穿戴减重机构与训练者上方的悬挂系统连接，使得患者大部分重量由减重系统承担，只有患肢的重量依附于下肢步态康复训练机器人进行步态运动。跑步机是在下肢步态康复训练机器人研究后期，为了使患者在跑步机上快速行走或者跑步提供的实验平台。跑步机右侧为控制柜，便于治疗师用来控制下肢步态康复训练机器人运动。下肢机器人后方的托盘可进行上下调整，作用于患者背部，提供一定的支撑力。

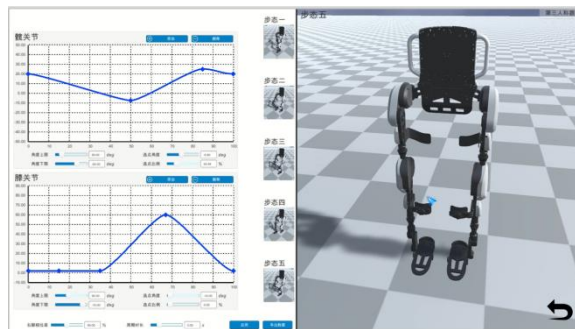


图 1 康复机器人虚拟仿真实验环境



图 2 康复机器人结构设计

通过康复机器人学的数学理论即位姿描述和坐标变换，建立下肢康复机器人平面杆件结构模型，运用 D-H 法在 MATLAB 中建立了下肢机器人运动学模型，即表示出各关节坐标系之间的转换矩阵，进一步推导出膝关节运动轨迹公式和踝关节运动轨迹公式。根据人体下肢正常行走步态轨迹，即将髌/膝关节的角度变化值作为驱动，应用 SolidWorks 中 Motion 分析插件进行运动学分析，得到髌/膝部电机丝杠位移量。将丝杠位移量作为运动理论模型的驱动信号，计算可得到膝关节的运动轨迹和踝关节的运动轨迹。在动画制作中，需要给相应装配体添加运动驱动或者直接通过手动的方式拖动想要运动的装配体零件，从而达到我们想要的动画效果。通过复制或者将键码放置在相应的时间点，然后拖动运动的物体，将自动生成相应动作。在进行基本运动分析时，需要给装配体添加质量参数，并在关节驱动处添加马达、接触等激励信号，即可进行基本运动分析。



图 3 康复机器人姿态控制

机器人动力学研究是机器人学中最重要的一部分，它建立在运动学研究的基础上，是对机器人进行控制研究的前提。运动学研究主要针对机器人的结构及其运动轨迹规划上，包括刚体运动的位移、速度等变量，使得刚体产生加速度的根本原因就是对刚体施加了一定的力或力矩，而动力学研究主要分析刚体之间的受力情况以及关节力矩问题。分析下肢机器人在运动过程中的动力学特性，包括刚体质量、加速度、转动惯量以及负载对系统的影响，能够帮助我们对整个机器人结构进行优化以及为后续控制平台的搭建提供了设计依据。与运动学研究类似，根据研究对象的不同动力学研究也包含正逆问题。若要求解正动力学问题，首先要明确机器人各个机构的运动参量，根据牛顿力学来求解刚体所受力或关节力矩大小；而逆动力学问题与之相反，是给机器人施加一定的力或力矩驱动，求解其动态特性的过程。

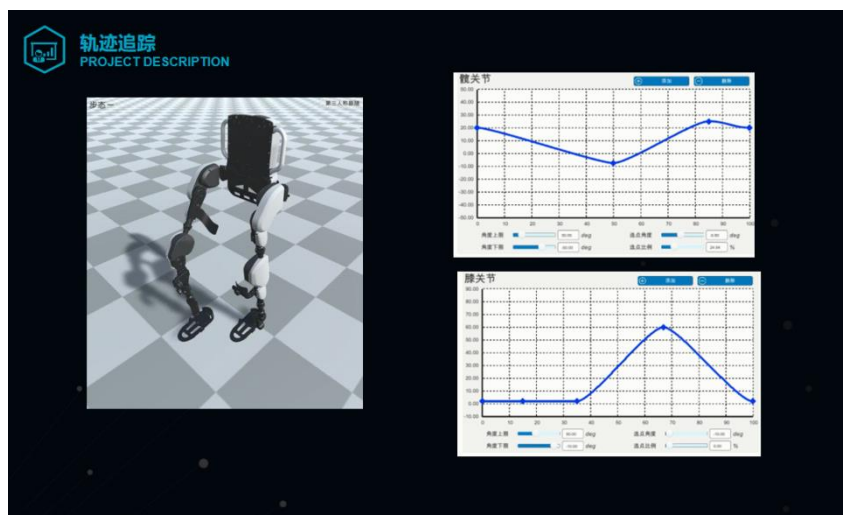


图4 康复机器人轨迹跟踪

目前下肢步态康复训练机器人主要分为“主动”训练模式和“被动”训练模式，患者在康复初期，步伐动作较慢，需要较长时间完成一个步态周期，通常采用“被动”模式训练患者。在“被动”模式中，患者的运动完全由机器人控制。此时下肢机器人只进行简单的轨迹跟踪，使患肢按照机器人预定的位移、速度等参量动作。随着患肢的康复，患者自身意识会对机器人产生力和力矩作用，这时候需要通过“主动”模式来训练。此时机器人不仅要满足患肢按照一定位移、速度运动，还要控制好机器人对患者产生力的作用。为了获得适合患者的步行数据，包括步距、步态周期等。很多学者制定了不同的控制策略，来满足患者不同训练需求。最常用的控制算法有PID控制算法、模糊控制算法、自适应控制算法、神经网络控制算法以及阻抗控制算法。本实验项目采用计算力矩加PD反馈控制的方法，它是一种基于系统动力学模型实时补偿的控制算法，弥补了动力学模型的不准确性，使机器人的运动关节角位移或力矩能够很好地跟踪期望轨迹。该实验环节为学生提供康复虚拟仿真环境、开放模型导入接口及控制算法设计接口。学生可充分发挥创新能力，设计其他类型康复仿生机器人或非仿生康复机器人的结构模型，将其导入康复仿真环境并设计控制方案，最终完成姿态控制、路径规划、轨迹跟踪等任务。

创新实验：
该实验环节为学生提供康复虚拟仿真环境、开放模型导入接口及控制算法设计接口。学生可充分发挥创新能力，设计其他类型康复仿生机器人或非仿生康复机器人的结构模型，将其导入康复仿真环境并设计控制方案。

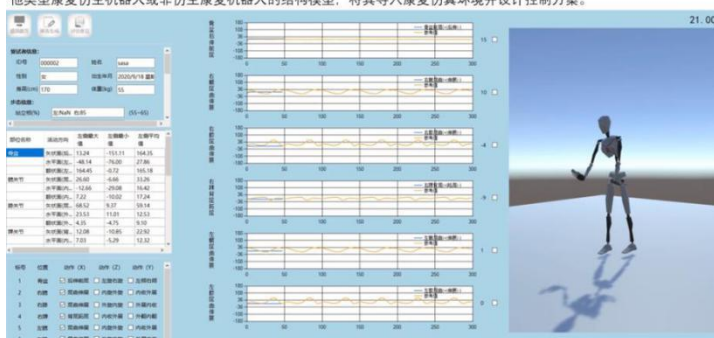


图5 探索创新实验

知识点：共 4 个

1. 康复环境与仿生机器人结构设计

2. 康复仿生机器人姿态控制
3. 康复仿生机器人轨迹跟踪
4. 康复机器人探索创新实验

(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) 康复机器人控制系统工作原理

根据远程治疗过程中对康复机器人控制参数调整和对机器人工作情况及训练过程参数监控的需求，设计出了基于网络的康复机器人远程监控系统。主控机用来实现对康复机器人的实时控制、视频图像训练信息的来源进行采集和 Internet 网络交互数据。客户机可以在有互联网的环境下的任何地点，通过视频在线操控虚拟样机和回馈参数监视康复机器人的运行状态，给康复机器人发送命令，并在线调整康复机器人的控制参数。

2) 实时操作评估

下肢康复训练机器人由往复式运动机构和踝关节姿态控制机构组成，机构包括左腿机构和右腿机构，两部分按 180° 相位关系呈对称式布置。在工作过程中往复机构带动受训者双腿做屈伸运动，实现髋关节和膝关节的运动训练。同时，踝关节机构以一定运动规律带动踝关节转动，从而实现了下肢各个关节的运动训练和腿部肌肉的锻炼。通过控制系统根据患者身高和患病情况的不同来控制往复行程和转角范围的大小，来满足患者的训练要求，合理地完成每个训练过程。

3-5 实验教学过程与实验方法

1) 实验教学过程

项目采用沉浸互动式、虚拟现实的实验教学方法，要求学生能通过本虚拟软件，理解康复设备的不同姿态的结构，工作原理和操作方法。在传统的康复机器人应用教学实验中，外围机械装置都是已经搭建好的，其它的传感器也连接到位，因此做实验时，多为在实际的程序上做不同康复姿态的点位控制以及信号判断。采用虚拟实验仿真技术让学生不但可以编程实现康复机器人的姿态控制，还能锻炼学生建立外围工装的机械设计和电气控制设计能力，提高医学康复能力。

①理论教学与线下演示。

老师首先进行相关内容的理论教学，然后通过智能康复设备虚拟仿真来进行展示型教学，同时可以利用实验室开放时间，让学生自主体验，了解实验的关键内容和步骤。

②线上自学与练习。学生通过云平台自主学习实验目的、内容、过程，以及考核关键知识点，也可以对相关实验内容进行练习，练习过程及效果作为实验考核成绩的一部分。

③线上实验与考核。通过自主学习和练习，学生已基本掌握实验相关内容，实验教师在云平台内通知学生在固定的时间段，完成相关的实验，平台将对学生的操作痕迹进行详细记录，并对实验结果进行考核。

通过理论教学、自主学习和练习、线下和线上虚拟仿真实验等多种教学方式相结合，大幅提高了理论和实验教学的效果，改变了传统静态模型参观和讲解的教学方式，也解决了试

验设备台套数不足、实验室空间和时间限制的问题。实验项目充分发挥网络与智能移动终端的优势,帮助学生了解实验要求、掌握实验内容、分析实验结果。学生可通过电脑或手机登录虚拟实验教学网络平台,进行实验预约。在指定的预约时间,学生可登入实验系统,加载虚拟实验资源,并在虚拟深海环境中进行实验。教师可通过线上服务平台发布虚拟实验项目,接受学生实验预约,观察学生实验过程与结果,并在线答疑,同时通过实验管理平台管理实验指导书、实验报告以及学习评价。

2) 实验教学方法

本实验主要针对进入机器人专业和临床医学专业,考核方式主要为线上认知测评和线下教学实验室操作考核,重点考察各项技能要点的掌握情况,对辅助康复知识的基本技能要点进行系统量化考核。康复机器人典型应用案例包括针对不同瘫痪等级的患者设计了被动训练、主动训练、阻抗训练、无约束训练等多种训练方式。利用软件的动画仿真功能在各个工作站中集成了夹具动作、康复姿态、周边设备动作等多种动画,使得康复机器人工作站高度仿真现实的工作任务和工作场景,从而使学生能全面掌握相关康复机器人的应用与安装、配置与调试技巧,让学生通过典型的实验仿真,掌握康复机器人的应用方法与技巧。

虚拟现实的建模可以通过虚拟现实建模语言(VRML)建模,大多数VR模型的建立是通过(VRML)语言在编辑器界面下直接建模,(VRML)最基本的组成要素是节点,节点是对客观世界中物体、位置、对象、文本、声音、空间场景及颜色等所有一切的描述,每一种命令都有其本身的节点语法,将所有节点编辑后形成节点集。简单的模型可以通过这一传统方法建模,但在机械工程领域中大多数模型结构是非常复杂的,不是简单模型的罗列,各零件间又有装配要求,导致了用VRML直接建模的复杂程度。所以,结合三维绘图软件建模的方法是简单可行的。在Pro/E运行环境下建立模型三维图形,将导出的模型导入到3DSMAX,导入时可以适当增加平滑角度,以增加视觉感染力,在3DSMAX下根据具体要求对模型进行相应的编辑(如:修饰、渲染、纹理等),使模型更加美观逼真,导出3DS文件,最后将3DS文件在编辑器中打开,生成VRML文件。

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 10 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	登录	2s	A	10	<input checked="" type="checkbox"/> 操作成绩 <input checked="" type="checkbox"/> 实验报告 <input type="checkbox"/> 预习成绩 <input checked="" type="checkbox"/> 教师评价报告
2	打开上下肢电源，根据说明及指示灯操作	5s	A+	10	
3	检查急停开关，确保使用安全	5s	A	10	
4	打开机器人运行控制程序，根据要求操作	10s	A	10	
5	做好准备启动工作	5s	A	10	
6	选择控制模式	10s	A	10	
7	进行机器人前后左右及启停的仿真控制	15s	A	10	
8	根据要求，选择不同模式	10s	A+	10	
9	进行动力学和运动学仿真完成姿态控制、路径规划、轨迹跟踪	20s	A+	10	
10	紧急情况下立即制动，进行实验数据统计和分析	10s	A	10	

(2) 交互性步骤详细说明

1. 系统首页有智能辅助康复设备虚拟仿真实验室，学生登录实验平台，选择相应的实验项目进行仿真实验。



图 6 学生学习课程界面



图 7 虚拟仿真实验实操界面

2. 打开虚拟康复机器人上下肢电源，观察电源指示灯和欠压指示灯，电源指示灯在线路正常的情况下会亮，当检测到电池电压低于 22.5 V，欠压指示灯会亮，蜂鸣器报警，提示用户充电，电池电压高于 24.5 V，将退出报警。

3. 检查机器人急停开关，确保处于拔起状态。

4. 打开 Driver Demo 程序运行，选择康复机器人上连接的 CAN 通讯模块型号，可进入机器人程序的控制界面。

5. 点击“连接设备”按钮，显示“连接成功”后，点击“启动设备”按钮。

6. 选择“速度闭环”或“位置闭环”控制模式(建议采用“速度闭环”控制模式)。若选择“速度闭环”模式，则需要输入 X 轴速度，Y 轴速度及 Z 轴速度参数，X 轴速度限定值为 1.0m/s，Y 轴速度限定值为 1.0 m/s，Z 轴最大速度为 90deg/s；若选择“位置闭环”模式，则需要输入 X 轴位移(对应左轮位移)，Y 轴位移(对应右轮位移)。

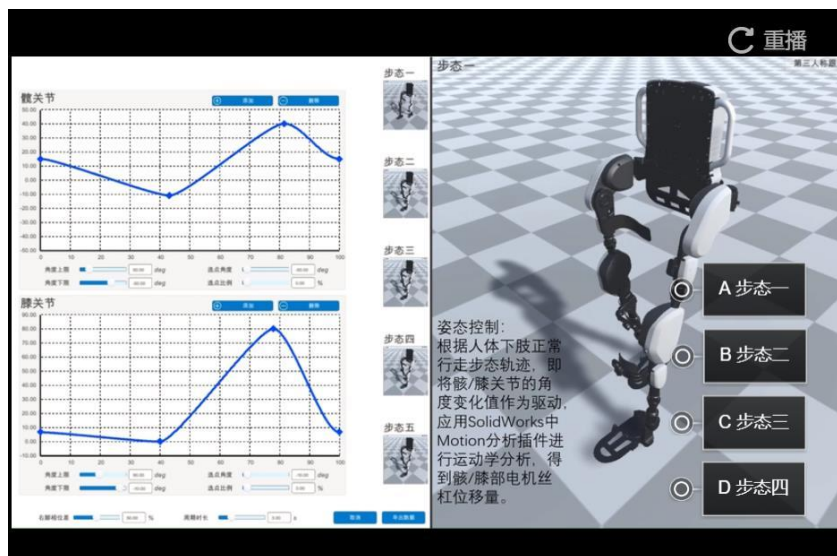


图 8 康复姿态控制模式

7. 单击“前进”按钮或键盘敲击“W”控制机器人前进;单击“后退”按钮或键盘敲击“S”控制机器人后退;单击“左转”按钮或键盘敲击“R”控制机器人左转;单击“右转”按钮或键盘敲击“T”控制机器人右转;单击“停止”按钮或键盘敲击空格键,控制机器人停止运动。

8. 根据不同层次实验教学的需求,学生选择设计单关节或多关节康复机器人。

9. 康复机器人运动过程中其姿态由各关节执行器转动的角度所反映。高精度的康复机器人关节执行器控制是康复机器人可靠运动的重要前提。该实验环节分为单关节康复机器人姿态控制和多关节康复机器人姿态控制实验。单关节康复机器人姿态控制实验面向本科低年级学生,实验内容属于基础训练层。单关节康复机器人仅包含下肢和上肢的一个关节。学生需结合设定的电机模型,设计运动控制系统,运用比例积分微分(PID)控制算法对电机进行控制,保证关节的运动响应满足要求。

多关节康复机器人姿态控制实验面向本科高年级学生,实验内容属于综合设计层。多关节康复机器人包含2个及以上关节。学生需选择关节数量,建立康复机器人运动学模型,解析机器人在特定康复状态下各个关节的姿态信息。在此基础上,要求学生在单关节姿态控制的基础上设计多关节协同控制方案,实现多关节康复机器人的姿态控制。

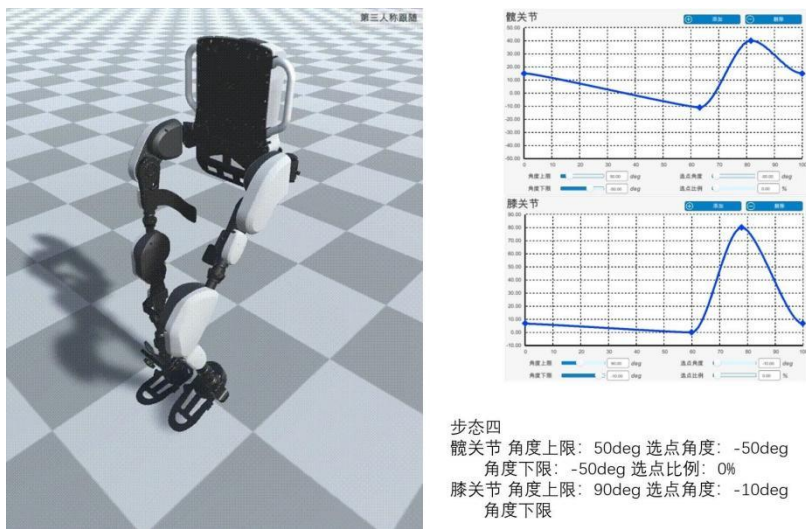


图9 多关节康复机器人姿态选择

10. 康复机器人动力学研究是机器人学中最重要的一部分，它建立在运动学研究的基础上，是对机器人进行控制研究的前提。运动学研究主要针对机器人的结构及其运动轨迹规划上，包括刚体运动的位移、速度等变量，使得刚体产生加速度的根本原因就是対刚体施加了一定的力或力矩，而动力学研究主要分析刚体之间的受力情况以及关节力矩问题。分析下肢机器人在运动过程中的动力学特性，包括刚体质量、加速度、转动惯量以及负载对系统的影响，能够帮助我们对整个机器人结构进行优化以及为后续控制平台的搭建提供了设计依据。路径规划作为机器人学的一个基本问题，是基于运动学模型对机器人末端执行器进行空间路径控制的前提。该实验步骤在分析机器人工作空间的基础上，在已知康复机器人起点、目标点和每个康复姿态价值的前提下，规划康复机器人移动路径，使得康复机器人在规定时间内，从起点运动到目标点时获得的康复效果最高。

11. 该实验步骤为学生提供康复仿真环境、开放模型导入接口及控制算法设计接口。学生可充分发挥创新能力，设计其他类型康复机器人或非康复机器人的结构模型，将其导入康复虚拟仿真环境并设计控制方案，最终完成姿态控制、路径规划、轨迹跟踪等任务。

12. 若出现紧急情况时，务必按下紧急停机按钮。

13. 实验结果的分数统计。

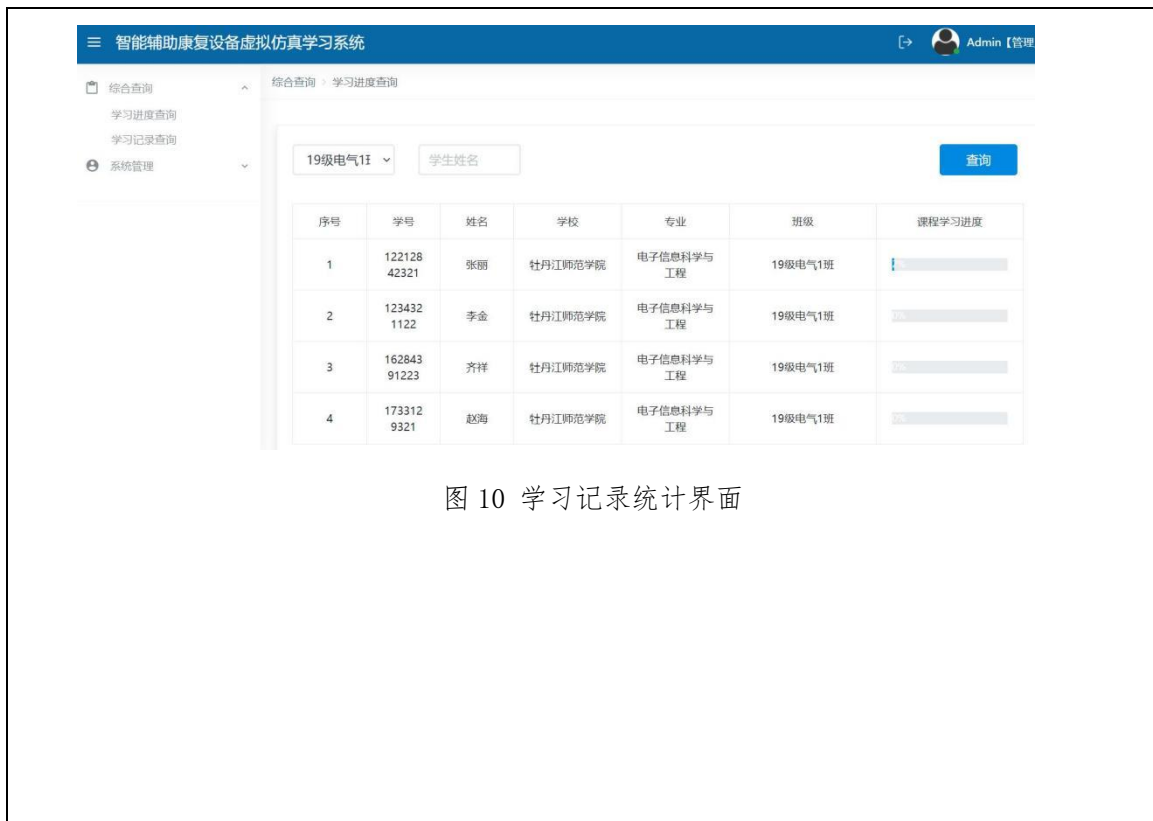


图 10 学习记录统计界面

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）

- (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

根据实验考核内容给出得分，60 分以上为通过。

- (3) 其他描述：

系统可实时评估操作者的操作水平并进行综合评级；系统能记录参作者所有操作数据并进行定量分析，可用于参作者的人机交互评价反馈。并可通过年级使用人次，统计操作者的操作适应能力，与操作熟练程度，完成系统性评价。

考核包括三部分内容：线上学习和练习、实验操作、实验报告。具体考核评分办法如下：所有接受训练的学生达到教学大纲制定的考核标准；除此之外，充分利用虚拟现实技术可后台记录所有操作数据，分析每个学生、每种技能训练学习曲线的特点，并与后台提取和储存的专家数据对比，针对性地进行进一步的训练和纠错，全面提高每一位操作学生的训练效果。

3-8 面向学生要求

(1) 专业与年级要求

电子信息科学与工程专业和电气工程及其自动化专业，本科高年级学生

(2) 基本知识和能力要求

要求掌握机器人基础理论知识和康复医学基础知识

3-9 实验应用及共享情况

(1) 本校上线时间：2018 年 8 月 23 日（上传系统日志）

(2) 已服务过的学生人数：本校 510 人，外校 300 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：2，具体专业：电子信息科学与工程专业，电气工程及其自动化专业

教学周期：2，学习人数：120

(4) 是否面向社会提供服务：是 否

(5) 社会开放时间：2019 年 4 月 5 日

(6) 已服务过的社会学习者人数：123 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）

康复机器人控制虚拟仿真实验是从科研成果中提炼出的适用于机器人技术相关课程的实践教学成果。教学内容由浅入深、循序渐进，包含概念性的基础内容、专业性的控制系统设计、前沿综合性的多关节姿态控制系统设计以及探索创新性的开放实验。该实验项目践行“新工科”的教学理念，既贴合实际控制工程技术又符合控制专业教学规律，使学生加深对专业知识的理解，提高实践能力，拓展创新思维。

面向新工科实践教学，紧密结合电气信息类学科及工业发展的机器人技术、

智能制造、网络控制等前沿技术，构建了控制类多学科融合虚拟仿真实验教学系统。该教学资源扩充过程控制、对象模型测取及控制方法整定、控制网络、机器人技术以及智能制造等方面的实验教学内容。该平台的构建融合了过程控制、运动控制、计算机控制等控制类核心课程，打破独立课程的教学“孤岛”，涵盖了从基本原理验证、设计性开放性实验，到科技前沿学科竞赛等教学需求。该平台丰富了工程教育培养手段，为新工科背景下的实践教学、多层次教学奠定了基础。

评价体系创新：

模拟器所包含的教学评估系统包括系统性评价及教师评价系统，教师登陆教员端可进行课程管理，用户管理，课程编辑、新建、学生实验过程查看及批注、成绩报表统计等功能；用户完成相关操作训练后，可在模拟器上或在线登陆查看自己三维操作回放，系统评价，以及教师对其操作的批注。

总之，智能辅助康复设备虚拟现实仿真系统是兼具创新性和实用性的新一代教学体系，随着虚拟现实技术的探索与开发，辅助康复设备仿真系统技术进一步更新与发展，将在我国其他院校及培训机构得到广泛推广，必将引领康复实验室教学体系数字化高效规范发展。

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) 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) 2名提供在线教学服务的团队成员；2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 12 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）

- 1) 基于公用云服务器部署的系统，5~10M 带宽；
- 2) 基于局域网服务器部署的系统，10~50M 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，则提示排队等候，前一个预约实验结束后，进入下一个预约队列。

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

- 1) 客户端操作系统，要求 WinXP 及以上。
- 2) Direct3D 是 10 或 11。

(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)

无

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： Core2 2.0GHz以上
内存： 8G
显示设备： 分辨率达到1280*1024
显卡： 铭瑄GTX750Ti，2G以上独立显存
输入设备： 带中间滚动轮的鼠标
硬盘： 60G
输入设备： 鼠标、键盘

(2) 其他计算终端硬件配置要求

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) 证书编号：

(2) 请附信息系统安全等级保护备案证明

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		
实验教学	开发技术	<input checked="" 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 <input type="checkbox"/> HTML5 <input type="checkbox"/> 其他
	开发工具	<input checked="" type="checkbox"/> Unity3D <input type="checkbox"/> 3D Studio Max <input type="checkbox"/> Maya <input type="checkbox"/> ZBrush <input type="checkbox"/> SketchUp <input checked="" type="checkbox"/> Adobe Flash <input type="checkbox"/> Unreal Development Kit <input type="checkbox"/> Animate CC <input type="checkbox"/> Blender <input type="checkbox"/> Visual Studio <input type="checkbox"/> 其他
	运行环境	服务器 CPU 核、内存 GB、磁盘 GB、 显存 GB、GPU 型号 操作系统 <input checked="" type="checkbox"/> Windows Server <input type="checkbox"/> Linux <input type="checkbox"/> 其他 具体版本： 数据库 <input type="checkbox"/> Mysql <input checked="" type="checkbox"/> SQL Server <input type="checkbox"/> Oracle <input type="checkbox"/> 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： <input type="radio"/> 是 <input type="radio"/> 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）	

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	<p>(1) 实验教学项目服务团队情况 虚拟仿真实验教学项目必须具备结构合理的实验教学团队，人员稳定且具有丰富的实践教学经验。团队中需要有几类人员包括有实验设计人员、在线服务人员和技术支持人员。</p> <p>(2) 实验教学项目描述 明确实验教学项目知识点，项目知识点数量与项目课时数要互相对应。项目为开展实验教学的基本单元，2 个学时，10 个以上实验步骤，不是系列项目交互性操作步骤=对实验结果有影响的步骤，且不少于 10 步。</p> <p>(3) 相关网络要求描述、技术架构及主要研发这两部分主要为技术内容，可由企业协助完成。</p> <p>(4) 项目特色 根据项目实际情况，表述项目方案设计思路，强调项目特色。本着“能实不虚”，“以虚补实”的原则，阐述本实验在具体的应用中对传统教学的延伸和拓展。</p> <p>(5) 持续建设服务计划填写未来五年的持续建设及服务计划。</p>
第二年	<p>实验项目简介视频、教学引导视频</p> <p>简介视频：需在 3 分钟以内，内容应包括实验教学项目的整体情况、项目特色、技术手段和应用情况等。要将实验必要性、实验项目内容、教学方式方法、实验效果、实验应用情况等展示出来，实现对所申报实验项目的真实反映，激发使用者的参与愿望。</p> <p>教学引导视频：需在 5-8 分钟以内，内容应重点介绍实验教学项目基本情况，包括实验名称、实验目的、实验环境、实验内容、实验要求、实验方法、实验步骤、实验操作流程、实验注意事项等，以便使用者通过视频引导可自主进行实验操作。</p>
第三年	<p>项目门户网站</p> <p>是项目的对外宣传窗口，提供项目申报信息展示及实验操作链接，展示实验项目的使用情况和开放效果。主要功能包括：项目展示、实验操作排队、实验网络带宽提示、实验插件下</p>

	载、实验项目加载、实验项目操作、实验操作答疑库、实验时长统计、实验项目评价、网站访问统计、实验使用情况统计、实验使用效果评价等。
第四年	开放的虚拟仿真实验教学管理平台 满足学校对虚拟仿真实验教学资源的管理、开放和共享等需求，可提供“校、院”两级设计架构的管理平台。从课程开设、课前预习、实验操作、在线指导、成绩批改、学习过程记录、数据统计等，对接实验空间数据，为实验项目提供完整的管理操作流程。
第五年	建设优质虚拟仿真实验教学项目 申报项目应为高校开展实验教学的基本单元，符合国家虚拟仿真实验教学项目的要求，面向本科实验教学培养目标，针对实物实验安全性差、难以实现、成本高昂、时空限制等方面原因不便开展的实验任务。 项目应实现实验核心要素逼真度，项目的仿真度应着力于还原真实实验的教学要求、实验原理、操作环境及互动感受，具有较强的逼真性、推演性、交互性、可信可用性、稳定易用性、普适扩展性。

其他描述：课程持续建设要根据教学计划和任务与时俱进，紧跟时代的要求。

(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	50	100	20	200
第二年	100	200	40	400
第三年	150	300	60	800
第四年	200	400	80	1600
第五年	300	600	100	3200

其他描述：面向高校、社会的教学推广应用计划根据实际情况可以随时变化。

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	智能辅助康复设备虚拟仿真软件
是否与课程名称一致	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
<p>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。</p>	
著作权人	著作权人类型
牡丹江师范学院	<input checked="" type="checkbox"/> 课程所属学校 <input type="checkbox"/> 企业 <input type="checkbox"/> 课程负责人 <input type="checkbox"/> 学校团队成员 <input type="checkbox"/> 企业人员 <input type="checkbox"/> 其他
权利范围	全部
软件著作权登记号	
<p>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。</p>	
受理流水号	2021R111L1955995

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。模板见通知的附件4）

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。）