

附件 3-3

辽宁省虚拟仿真实验教学一流本科课程申报书
(2020 年)

学 校 名 称	东北大学
实 验 教 学 项 目 名 称	轧制过程厚度控制虚拟仿真实 验项目
所 属 课 程 名 称	计算机控制系统
所 属 专 业 代 码	080801
实 验 教 学 项 目 负 责 人 姓 名	关守平
有 效 链 接 网 址	http://neuccs.huikedu.com

辽宁省教育厅制

二〇二〇年七月

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（2020 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	关守平	性别	男	出生年月	1965. 11
学历	研究生	学位	博士	电 话	02483678371
专业技术职务	教授	行政职务		手 机	13998183608
院 系	信息科学与工程学院			电子邮箱	guanshouping@ise.neu.edu.cn
地 址	辽宁省沈阳市和平区文化路 3 号巷 11 号			邮 编	110819
<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>主持的教学研究课题：</p> <p>(1) 计算机控制类课组云计算控制系统综合实验平台建设，教育部，2019.1-2020.12</p> <p>(2) 轧机厚度控制虚拟仿真实验平台，教育部，2019.1-2020.20</p> <p>(3) 计算机控制系统国家精品在线开放课程建设，教育部，2016.1-2018.12</p> <p>(4) 计算机控制系统国家精品资源共享课建设，教育部，2013.1-2015.12</p> <p>(5) 计算机控制系统国家精品课程建设，教育部，2009.1-2012.12</p> <p>教学研究论文</p> <p>(1) 基于 DSP 的仿真与控制一体化教学实验平台，全国自动化教育学术年会，2019</p> <p>(2) STC 单片机的便携式计算机控制实验系统，全国自动化教育学术年会，2019</p> <p>(3) 针对关键知识点的专业课教材立体化建设研究，教育教学论坛，2018</p> <p>(4) A remote open experimental teaching system based on the campus network, The International Conference on Computational Intelligence and Software Engineering, 2009</p> <p>(5) The Experiment System for the Networked Performance Testing, International Conference on Future Computers in Education, 2011</p> <p>(6) Innovation and research for courses of computer control system, The 5th International Conference on Computer Science & Education, 2010.</p> <p>获得的教学表彰/奖励：</p> <p>(1) “计算机控制系统”国家精品在线开放课程，教育部，2017</p> <p>(2) “计算机控制系统”国家级精品资源共享课程，教育部，2013</p> <p>(3) “计算机控制系统”国家精品课程，教育部，2009</p> <p>(4) “以质量为核心的人才培养模式创新研究与实践”，国家级教学成果二等奖，教育部，2014</p> <p>(5) “校企深度融合的工程型人才工程能力培养体系创新研究与实践”，辽宁省教学成果一等奖，辽宁省，2018</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）

学术研究课题：

- (1) 基于数据的复杂工业过程区间优化与区间建模方法，国家自然科学基金委面上项目，2016.1-2019.12，主持.
- (2) 基于数据的过程控制性能评估与可重构方法的研究，国家自然科学基金委面上项目，2010-2012，主持.
- (3) 发酵过程混合式建模与控制方法的研究，国家自然科学基金委面上项目，2006.1-2008.12，主持.
- (4) 基于状态重构机理的采油过程故障诊断方法研究，国家自然科学基金委面上项目，2016.1-2019.12，参与.
- (5) 基于大数据的电熔镁工业冶炼流程故障诊断和调控，国家自然科学基金委重点项目，2016.1-2019.12，参与.

学术论文：

- [1] Guan Shouping, Zhang Zihe, Cui Zhouying. Modeling Uncertain Dynamic Plants with Interval Neural Networks by Bounded error Data, IEEE Access 2020, 8: 9809-9820.
- [2] Guan Shouping, Wang Yuyong, Chen Xiangming. An Approach of Single Crystal Defect Detection Using X Ray Orientation Instrument, IEEE Trans on Instrumentation and Measurement, 68(10): 4122-4134.
- [3] Guan Shouping, Modeling and Optimization of the Glutamic Acid Fermentation Process Using Computational Intelligence Techniques, Neurocomputing, 2015, 169: 403-411.
- [4] Guan Shouping, Zhang Zihe. An Interval Discrete Wavelet Neural Network Model and Its Numerical Analysis, The 31th Chinese Control and Decision Conference, China, 2019.
- [5] Guan Shouping, Zhang Youdong, An Improved Interval PSO Algorithm with Dynamic Shrinking, The 28th Chinese Control and Decision Conference, China, 2016.

学术研究表彰/奖励：

- (1) 多变量智能解耦控制技术及应用，国家科技进步二等奖，排序 9，1999.
- (2) 先进控制技术在元宝山发电厂大型火力发电机组中的应用，冶金部科技进步一等奖，排序 8，1998.
- (3) 清河发电厂 1-4 号机组计算机集散控制系统，辽宁省科技进步一等奖，排序 6,1995.
- (4) DX-5/6 型高精度 X 射线粘料定向仪，辽宁省科技进步三等奖，排序 2，2005.

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	关守平	东北大学	教授		项目负责与设计	
2	谭树彬	东北大学	副教授		实验设计与研发	在线服务
3	徐林	东北大学	教授	副处长	实验规划	
4	刘建昌	东北大学	教授	副校长	项目指导与规划	
5	鲍艳	东北大学	实验师		实验评定	在线服务
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	王洪海	东北大学	讲师		实验题目	
2	徐晶	慧科集团	产品经理	项目经理	项目策划与开发	
3	张羽	东北大学	高级实验室		实验题目	
4	郭文渊	慧科集团	开发工程师	无	软件开发	
5	尤富强	东北大学	副教授		实验设计	
项目团队总人数： 10（人） 高校人员数量： 8（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	轧制过程厚度控制虚拟仿真实验项目
2-2 实验目的	<p>(1) 为本科自动化专业必修课程“计算机控制系统”教学实验服务，便于进行工程化的实验设计，提供工程化的虚拟仿真环境，呈现身临其境的视觉效果；开展工程化的建模与控制方法设计，实现“虚拟环境下做真实验”，针对现有的常规PID控制器设计方法，进行虚拟仿真实验。</p> <p>(2) 为本科生自由开展控制算法设计服务，提供一个完全开放的计算机控制</p>

虚拟实验环境，使得学生实验可以不受时间、地点和资源限制，针对虚拟化的具体工业过程，在完成基础实验的同时，开展各种研究性实验。

(3) 为国家精品在线开放课程“计算机控制系统”服务，通过该虚拟仿真实验系统，实现“在网上做实验”，解决网络教学无法实现课程实验的难题，使国家精品在线开放课程“计算机控制系统”（国家级慕课）的教学提高到一个新高度。

(4) 通过了解冶金行业的轧制过程的厚度控制系统，能够采用基本 PID 控制方法设计厚度控制系统的控制器，通过控制器参数调整，得到良好的控制效果，观察作为控制效果数据可视化载体的带钢厚度变化形式。

2-3 实验课时

(1) 实验所属课程所占课时： 60 学时

(2) 该实验项目所占课时： 2 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）

计算机控制系统虚拟仿真实验对象选择板带材轧机轧制过程厚度控制系统（AGC）。该实验对象几乎具有“计算机控制系统”课程中被控对象的所有特性，而轧制生产由于设备、加工材料和成本等因素，在线进行有关轧制过程的 AGC 教学实验不可能实现，即使为工程实际设计的实验研究也有很大风险，因此建立相应的虚拟仿真系统，并在仿真系统上进行实验研究，“使不可能的实验成为可能”。轧制厚度控制虚拟仿真实验平台，是以冶金行业典型并且比较复杂的板带材轧制过程的厚度控制为研究对象，使学生熟悉实际工业过程中典型控制系统的结构组成和设计方法。

建设和开发该过程的计算机控制虚拟仿真实验系统，内容包括连续轧制生产过程仿真系统与厚度 AGC 控制，其中，仿真系统要模拟连续轧制过程，设计和开发虚拟轧机、虚拟轧件、虚拟轧制工艺、虚拟执行机构（液压、电动）等；控制系统要建立与真实生产过程系统基本相同的基础自动化系统、主要检测装置及其他一些辅助系统如数据采集、人机交互界面等。整个虚拟仿真实验系统要表达出连续轧制过程中轧件的塑性变化过程、轧机的弹性变化规律、轧制工艺过程及要求、各种执行机构的特性和动态响应过程等。

本实验采用常规 PID 控制器（也可以加载自行设计的 PID 改进算法），根据工艺要求和实验需求，学生通过参数设定模块选择控制算法、设定轧制条件初始值、根据系统性能指标设定相关控制参数等；为测试所设计控制系统的抗干扰性能，通过扰动定制模块来修改轧制过程中的扰动量大小，以轧制厚度为控制指标，观察虚拟仿真实验效果。

主要知识点：共 6 个

(1) 厚度控制系统组成及工艺

了解和掌握典型的轧制过程厚度控制系统的工作原理，掌握厚度控制系统的基本实现形式，通过典型的工业过程厚度控制系统，能够清楚一般控制系统的设计构成和要素。

(2) 被控对象辨识与建模

轧制生产中，为了按要求轧出所给定厚度的轧件，首先必须在轧件进入辊缝之前，正确的设定空载辊缝。在轧制过程中，为了使轧后的轧件厚度均匀一致，还必须随着轧制条件的变化及时地调整辊缝的大小，这些都是通过正确的设定和控制轧辊位置来完成的。为了更好地控制厚度指标，因此必须对被控对象进行建模。

(3) 基本 PID 控制器的设计

PID 控制是模拟化设计方法中的典型控制算法，是工业界最常使用的控制算法，其原理是将模拟 PID 控制算法应用后向差分法进行离散化处理，然后与被控对象组成闭环控制系统，通过该实验，掌握 PID 各项参数的作用；掌握 PID 控制中的参数整定方法；初步掌握闭环系统的基本调试方法。

(4) 厚度控制系统跟随性能分析

根据设定厚度的指标要求，通过对象建模，采用适当的整定方法，设计控制的参数和匹配关系，使得控制效果的输出，也就是轧出的目标厚度达到预期精度要求。

(5) 厚度控制系统抗扰性能分析

模拟引入实际轧制生产环节中的相关扰动因素，针对由此对厚度控制指标产生的扰动影响，调整采用适当的控制器参数设计，最大可能地消除扰动对厚度输出结果的影响。

(6) 控制器的编程实现

根据理论授课内容，设计控制器的结构和参数，本次实验主要是 PID 控制器的设计，然后通过 MATLAB 或 C++ 等编程语言进行控制器的算法代码实现，封装成动态链接库（DLL）文件，通过既定接口实现控制系统的虚拟仿真实验。

2-5 实验仪器设备（装置或软件等）

(1) 东北大学自主知识产权的实验软件

本虚拟实验主要使用自主开发的配套软件——轧制厚度控制虚拟仿真平台，其软件著作权登记证书（登记号：2020SR0633288）如图 1 所示。该软件应用虚拟仿真技术，构建了轧制过程厚度控制的主要设备模型，构建了基于轧制厚度控制的虚拟仿真实验环境，呈现了实际过程中厚度控制的主要因素。以此典型的工业过程，引导学生理解和掌握如何设计一个真正的控制系统，并且

学会基本 PID 控制器的设计要领和内涵。



图 1 轧制厚度控制虚拟仿真平台软著证书

(2) 带有网络环境的计算机终端

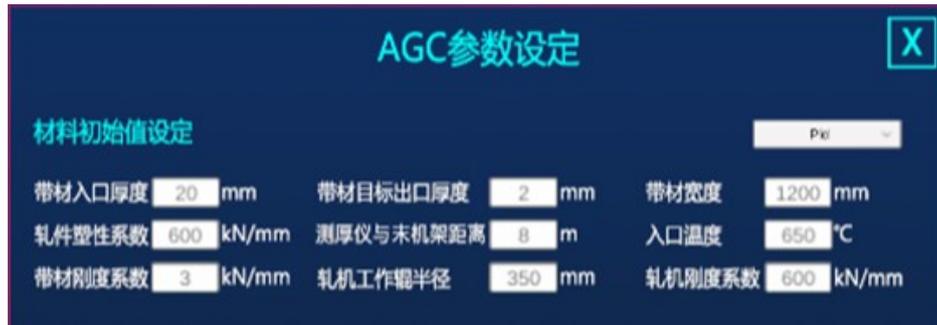
实验网络要求至少 2MB/s 的带宽，支持并发数用户最多 500 个，计算机操作系统为 Win7 及以上，推荐火狐或谷歌浏览器，输入网址直接打开，无需下载插件。计算机硬件配置要求建议不低于：CPU: Intel® Core™ i5-4590、AMD FX™ 8350 同等或更高配置；GPU: NVIDIA® GeForce® GTX 1060、AMD Radeon™ RX 480 同等或更高配置；RAM: 4GB 或以上；视频输出：HDMI 1.4 or DisplayPort 1.2 或更高版本。图 2 为实验室具有校园网络的电脑运行试验环境。



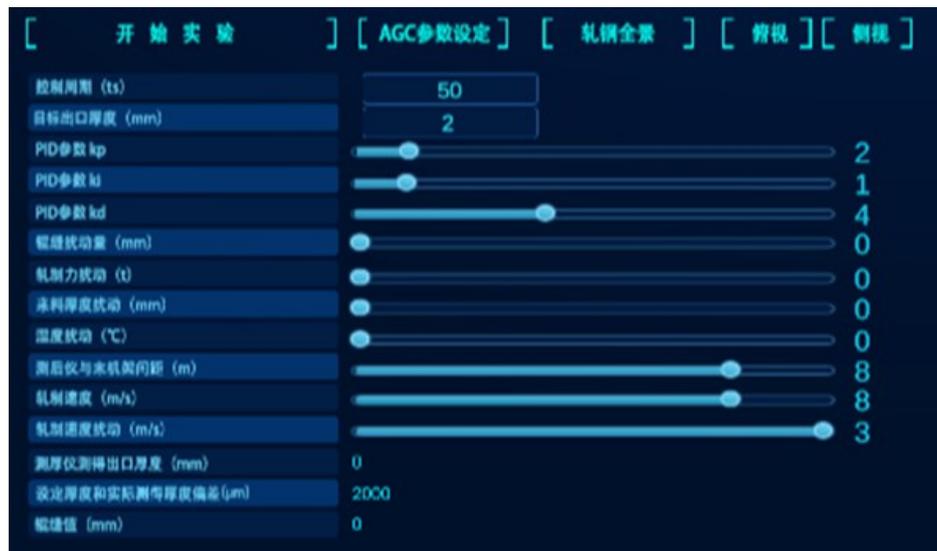
图 2 利用实验室电脑做实验

2-6 实验材料（或预设参数等）

(1) 设定 AGC 系统所需“来料厚度”、“出口厚度”等基本的初始参数



(2) 设定“厚度扰动”、“速度扰动”、“轧制力扰动”等参数大小



(3) 设定 PID 控制器的比例、积分、微分等。



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）

“轧制过程厚度控制虚拟仿真实验项目”采用启发与实践相融合的实验教学方法，能够完整体现厚度轧制实验的整个环节，完整涵盖了从实验方案设计到实验平台搭建再到实验加载及数据采集，直至最后的实验数据处理分析及工作性能评定的全过程。本实验系统最大的特点是真实再现了轧制厚度控制的实验场景，学生可以在实验系统中体验到身临其境的感觉。学生在虚拟的轧机轧制过程中通过控制系统的设计和效果展现，能够全面了解如何设计一个以轧制过

程厚度控制系统为代表的工业控制系统的全过程，充分体会各个控制环节在整个实验中所起的重要作用，将《计算机控制系统》、《自控原理》等课程有机地结合在一起，实现从理性认识到感性认识的质变。学生完成虚拟仿真实验后，若有机会参加实际过程的控制，则会在较短时间内全面系统掌握这一复杂的冶金控制过程。

学生通过课前预习模块学习“PID 控制器的设计方法”、“数字式 PID 调节器参数的整定”、“轧制过程自动化之厚度控制”三个资料；通过快速问答模块帮助用户在开始实验前巩固基础知识，每道题给出了 15s 的答题时间，完成之后给出成绩，并提示正确答案；本实验采用常规 PID 控制器，根据工艺要求和实验需求，学生通过参数设定模块选择控制算法、设定轧制条件初始值、根据系统性能指标设定相关控制参数等；为测试所设计控制系统的抗干扰性能，通过扰动定制模块来修改轧制过程中的扰动量大小，观察实验效果；完成实验后，通过实验报告模块记录用户实验效果曲线、控制器设计过程、快速问答成绩、以及实验分析和心得等，生成实验报告。

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

1) 实验预习：学生实验前通过漫游了解和学习轧制过程厚度控制系统的设备组成和实现，预习整个实验流程，并对实验对象进行理论计算和仿真，完成预习报告。在实验前，结合课堂教学、实验预习、快速问答、现场实验、上机测试等多种方法进行培训，以保证学生能够熟练应用平台和熟悉控制系统的设计方法，尤其是理解跟随性能和抗扰性能的区别和联系，使虚拟仿真实验操作更顺利，过程管理更高效。

2) 实验规划：通过虚拟仿真实验系统，深入了解 PID 控制器比例、积分、微分三个系数之间的关系，掌握扰动因素对控制系统的影响，从理论上搞清楚控制效果，使学生即使在虚拟的实验环境中，也能体会到实验的研究性、真实性和趣味性。

3) 实验操作：进入实验系统，按照实验操作规程，分别改变控制参数和扰动参数，观测虚拟实验中轧件厚度轧制效果，以及厚度曲线的变化。

4) 数据采集及分析：通过虚拟实验的厚度数据输出数据/曲线，系统可以分析厚度控制效果好坏的原因，并对学生实验效果自动进行评估。

（2）学生交互性操作步骤说明

1) 登录虚拟仿真实验平台，根据用户名和密码登录实验系统，选择“课前预习”，学习并掌握实验所涉及的设计方法和工艺知识。



2) 选择“快问快答”，检查和测试对所设计知识点的掌握情况。





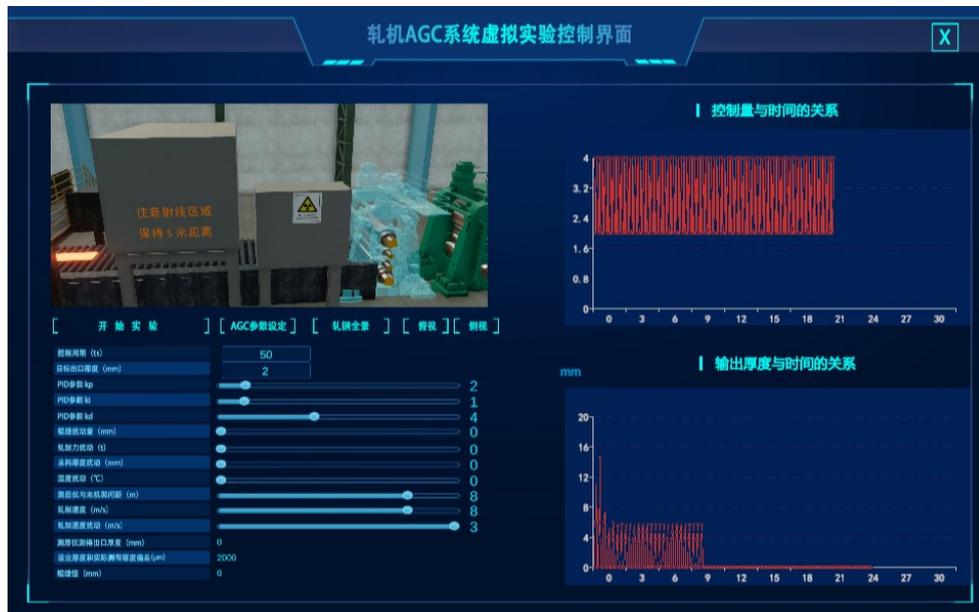
3) 返回，选择“开始实验”，对轧制初始值进行设定，也可以选择默认值。点击“开始实验”，首先进入设定 HMI 界面，对初始参数进行设定，设定值有默认值，并允许设定修改，确认后写到数据库中；对于每一个输入框对鼠标动作为响应，当鼠标落于其位置，有输入要求和提示。



4) 根据设定的轧制初始值，进入控制参数设定 HMI，设计控制器参数，此项目为常规 PID 参数设定，设置相关控制参数设置，包括比例增益系数、积分时间常数、微分时间常数、控制周期、带材轧制速度等；设定好相关控制参数后，点击“确认”，相关参数传入到控制器的实现程序中，进行相关控制计算。



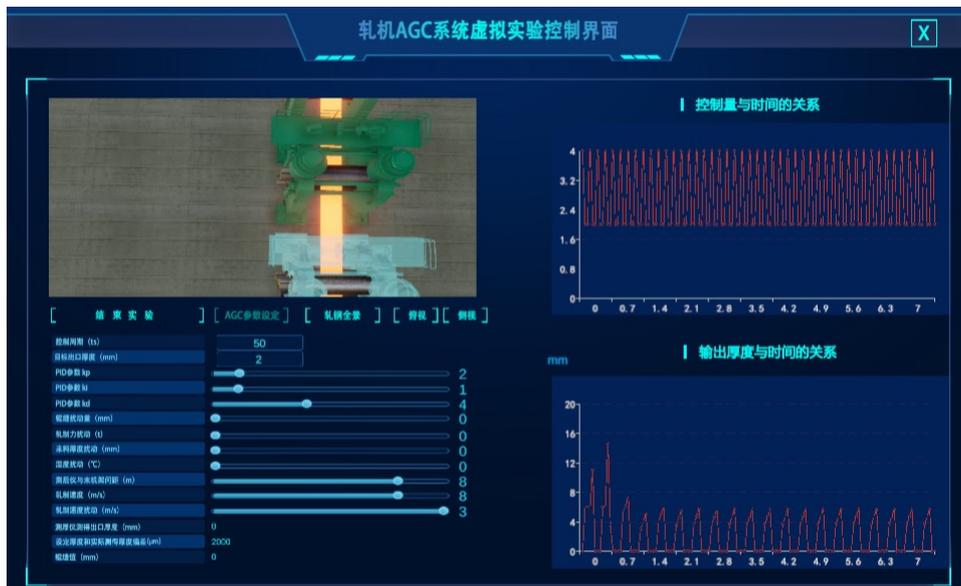
5) 参数设定确认后, 进入虚拟实验界面, 选择“开始实验”开始虚拟仿真实验; 随着时间的推移, 模拟实际轧制过程中厚度控制的具体效果, 观测厚度与控制量数据曲线。

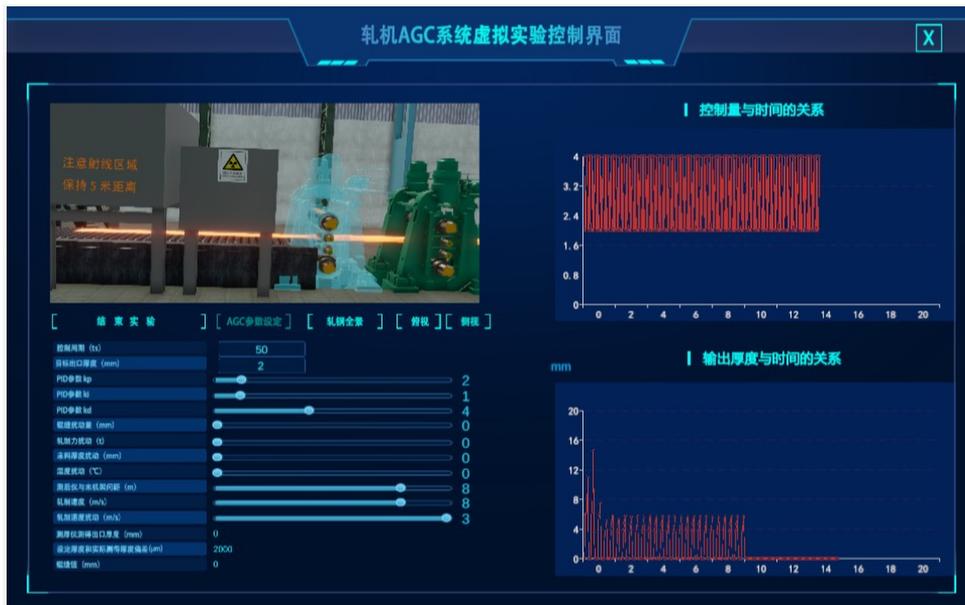


6) 实验过程中, 选择“轧制全景”可以展现轧制过程的全景概况, 从远到近, 从高到低, 以不同角度模拟轧制过程的实际情况; 为便于观察和熟悉, 仿真的轧制过程其速度还可以选择不同的配速进行展示。

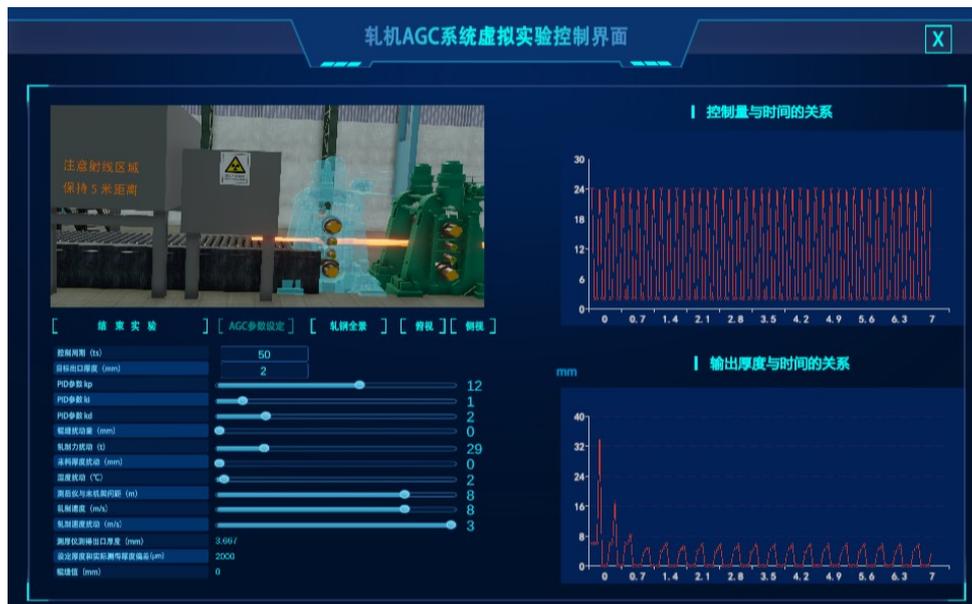


7) 实验过程中, 分别选择“俯视”和“侧视”, 从两个不同视角观察轧制过程厚度变化的控制过程, 全方位理解和掌握轧制过程的厚度控制; 同时以虚拟带材厚度为主要控制指标, 采用动画和曲线双重显示的方式展现控制效果。

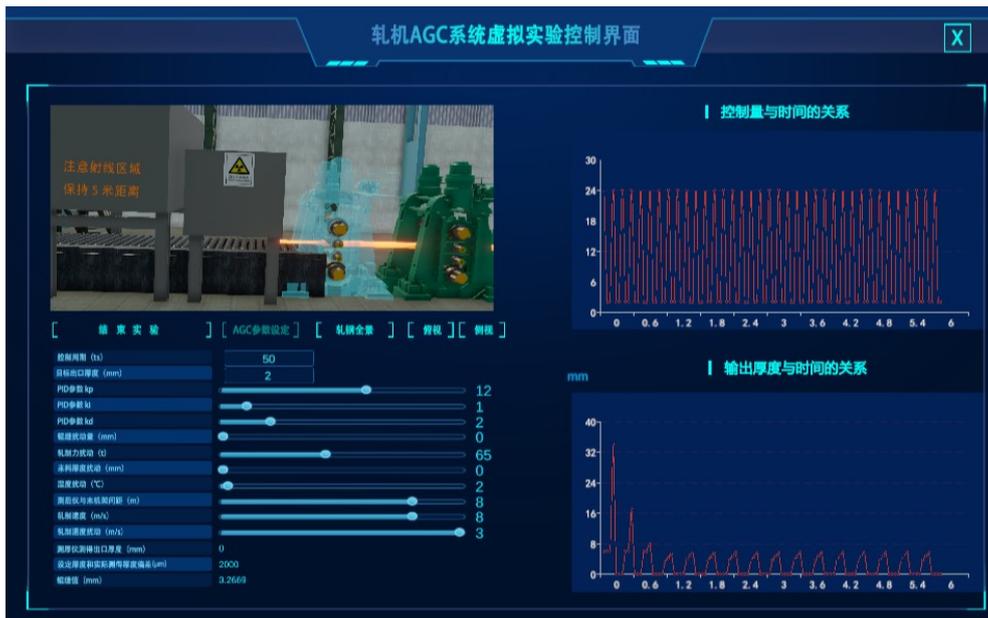




8) 分别改变 PID 控制器的比例增益、积分时间常数、微分时间常数等三个参数，重复实验，观察在不同的控制参数下，厚度控制效果，并做前后控制效果的对比和分析。



9) 实验过程中，依次拖拽轧制力扰动、辊缝扰动、来料厚度扰动、温度扰动等扰动因素的进度条，重复实验，观察不同扰动引入对厚度控制效果的影响作用。



10) 实验结束后，回到初始界面，选择实验报告；根据实验结果撰写实验报告，填写控制器设计过程、实验分析及心得等。

实验报告

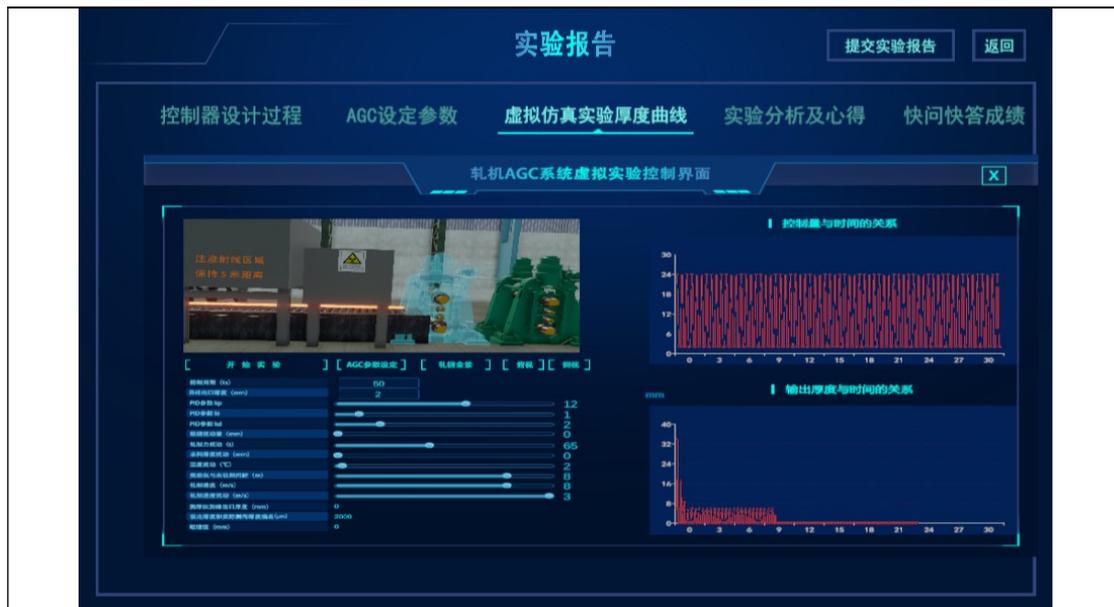
提交实验报告 返回

控制器设计过程 AGC设定参数 虚拟仿真实验厚度曲线 实验分析及心得 快问快答成绩

根据连续系统的被控对象模型，根据自己所选择控制器整定方法，设计和计算实验系统中PID控制器的控制参数，并将推导、计算过程写入此处。

请在此输入控制器设计过程

确定提交



11) 全部完成后，提交实验报告，完成整个实验。

以上 11 个步骤中，除了步骤 1 和 11 外，其余 9 个步骤均以学生的交互性操作为主体。操作内容以参数设定和修改为主，操作形式以拖拽为主，填写为辅，互动性很强；在整体项目中，学生需要进行的交互性动作多达上百个。

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：

学生的实验数据将被项目平台自动记录，完成实验后，学生填写实验报告，根据实验过程的操作内容，系统自动绘制出实验的过程曲线，并可对学生的实验效果进行自动打分。

2-10 考核要求

虚拟仿真实验系统根据实验的内容对参加实验的学生进行安排，评定学生实验成绩，并对每位学生进行客观评价。实验成绩评价主要分为实验预习、实验过程、实验分析及心得等三个方面。要求学生在规定时间内（2 个学时）内完成实验平台的搭建、设计控制器及相关实验，得出厚度控制仿真曲线。

实验前预习测试的成绩 20 分 + 实验过程成绩（最大超调量、过渡时间、上升时间、方差等）70 分 + 实验分析及心得 10 分，具体评分如下：

- (1) 实验前预习测试的成绩 20 分，根据测试结果客观自动给分。
- (2) 实验分析及心得 10 分，超过 50 个字就为满分 10 分，30~49 字为 6 分，10~29 字的为 2 分，少于 9 字的为 0 分。

(3) 实验过程成绩满分 70 分，分解如下：

1) 操作过程 30 分，在 AGC 参数实验界面分别对控制器 PID 中的 P、I、D 参数有调节，即 PID 参数有所调整或改变，每个调节参数为 10 分，计 30 分；

2) 系统稳定性评价 10 分，通过输出厚度数据进行判断，取实验数据的最后 20 个点进行评价，求取每个点与这个 20 个点平均值的偏差，都在±5%范围的，计 10 分；10-19 个点在±5%范围的，计 6 分；少于 9 个点，计 1 分；

3) 稳态误差评价 10 分，取实验数据的最后 20 个点进行评价，求取每个点与设定厚度值的偏差，都在±2%范围的，计 10 分，否则计 2 分；

4) 最大超调量评价 10 分，取实验数据的每个点与设定厚度值的偏差，最大偏差的绝对值除以设定厚度值的偏差，其结果小于 0.3 的，计 10 分，否则计 3 分；

5) 综合指标评价 10 分，计算所有实验数据的平方和 $\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$ ， x_i 为实验过程的数据点， \bar{x} 为实验过程的数据点的平均值，这个指标建议给予设定权限（指标假设为 J_{nom} ），如果 $\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 < J_{\text{nom}}$ 计 10 分，否则计 3 分。

2-11 面向学生要求

(1) 专业与年级要求

工业智能专业、人工智能专业、自动化专业，大学三年级

(2) 基本知识和能力要求

基本知识：了解控制系统的基本原理，掌握 PID 控制的设计方法

能力要求：具有基本实验操作技能，熟悉通用的软件使用方法。

2-12 实验项目应用及共享情况

(1) 本校上线时间：2019.12

(2) 已服务过的本校学生人数：316

(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：2020.8 ，已服务人数：26

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://neuccs.huikedu.com/perform
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): 2Mb/s (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 人
3-3 用户操作系统要求 (如 Windows、Unix、IOS、Android 等) (1) 操作系统和版本要求: Windows 7 SP1、Windows 8.1 或更高版本、Windows 10 (2) 其他计算终端操作系统和版本要求: 同上 (3) 支持移动端: <input type="checkbox"/> 是 <input checked="" type="checkbox"/> 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 <input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否 (勾选“是”, 请填写) 插件名称插件容量: Steam VR, 800M 下载链接: https://www.vive.com/cn/setup/vive/ (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) 推荐火狐 (Firefox) 浏览器 50.0 以上版本或者谷歌 (Google Chrome) 浏览器 55.0 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 CPU: Intel® Core i5-4590、AMD FX 8350 同等或更高配置; GPU: NVIDIA® GeForce® GTX 1060、AMD Radeon RX 480 同等或更高配置; RAM: 4GB 或以上; 视频输出: HDMI 1.4 or DisplayPort 1.2 或更高版本; USB 端口: 1x USB 2.0 或更高版本的端口 (2) 其他计算终端硬件配置要求 同上。
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 HTC VIVE 头戴显示设备。 (2) 其他计算终端特殊外置硬件要求 同上。
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 <input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否 (勾选“是”, 请填写) 第一级。

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	<p>实验系统由基础支撑、运行环境、数据库、虚拟仿真等多个层级构成。基础支撑层是系统安全可靠与运行的支撑与保障，包含系统建设相关法规及标准体系和运行环境体系两个部分，其中法规及标准体系包含系统运行的组织管理机构保证体系、运维管理保障体系、政策法规及相关的计算机数据、服务、应用标准规范等体系；运行环境包括计算机机房基础设施、硬件及网络、系统软件；数据库是虚拟仿真实验建设的基础，包含用户信息，模型信息，数据信息等；虚拟仿真是系统的核心，用户可根据软件平台完成相关教学、实验、考核等工作。</p>	
实验教学项目	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 其他
	开发工具	<input checked="" type="checkbox"/> Unity3D <input checked="" type="checkbox"/> 3D Studio Max <input 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 type="checkbox"/> Visual Studio <input type="checkbox"/> 其他
	运行环境	<p>服务器 CPU <u>双</u>核、内存 <u>4</u> GB、磁盘 <u>16</u> GB、 显存 <u>6</u> GB、GPU 型号 <u>GTX1060</u> 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 checked="" type="checkbox"/>Mysql <input type="checkbox"/>SQL Server <input type="checkbox"/>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）</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）	单场景模型面数 10w ，贴图分辨率 32*32 到 1024*1024 ，动作反馈时间 0.1ms ，显示刷新率： 90Hz ，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。)

(1) 必要性及先进性

借助本项目开发完成的轧制过程厚度控制虚拟仿真教学实验系统,开展“计算机控制系统”课程实验中规定的**基础性性实验内容和工程化改进性实验内容**;在此基础上,针对部分优秀生,开展研究性实验内容;使学生的实验不受时间、地点和资源的限制,调动学生实验的积极性和创造性;与此同时,学生也可以通过虚拟仿真实验系统中所应用的新技术,学习和掌握最新最先进的信息处理工具和方法。

(2) 教学方式方法

将该虚拟仿真实验系统置于云计算平台上,形成**云计算虚拟仿真实验系统**,实现“线上进行课程实验”的模式,同线下实验系统相结合,可以形成“线上线下混合实验模式”,成为“线上线下混合式教学模式”的有力补充。

在实验过程中,可以模仿现实环境中**学生实验+教师监督指导+讨论交流**的方式,在学生开展虚拟仿真实验的同时,教师可以远程监督指导学生的实验过程,并同学生实时交流各种实时信息,实现教师与学生之间、学生与学生之间信息的实时交流、互动和讨论,使学生即使在虚拟的实验环境中,也能体会到实验的研究性、真实性和趣味性。

(3) 评价体系

通过虚拟实验系统,教师既可搭建典型实验或调取实验案例,方便向学生布置实验任务,还可在实验结束后查看学生的实验结果,给出实验成绩和评价。在虚拟仿真实验系统的环境下,根据过程性评价、结果性评价相结合的原则,结合系统自动评估指标,**构建了教师和实验系统自身共同参与的实验教学评价体系**,实现实验效果评价体系的创新,为实验教学中的评价提供了可供参考的思路和方法。

(4) 对传统教学的延伸与拓展

将虚拟仿真实验系统置于云端,就可以构建“**云计算虚拟仿真实验室**”,其本质就是将传统的控制系统实验室进行数字化,保留传统的实验内容和实验模式,拓展新的实验内容和实验方式,摆脱传统实验受时间、地点、资源的约束,同时同传统实验比照验证,实现“线上线下混合式实验教学”。

因此虚实仿真实验系统是对传统课程实验教学模式的延伸与拓展,保留传统系统真实、贴近实际的特点,克服现有系统存在的问题,拓展现有系统无法实现的内容,通过这一新的“**混合式实验模式**”,达到课程实验全面为课程教学服务的目的。

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) 面向高校和社会开发服务计划

我国开设自动化专业的院校有 1700 多所，自 2019 年建成以来，本虚拟仿真项目已经向东北大学自动化专业师生开放，不到一年仅仅东北大学自动化专业的访问量已经累计达 500 余人次。今后 5 年，本项目将进一步加大开放力度，实现面向全国学生用户免费开放。同时，本项目将充分利用平台的可扩展性，根据用户需求二次开发，满足不同层数的实验教学需要。

(2) 项目持续建设与更新

本项目已能够充分满足本校自动化专业的实验需要。今后，本项目将从以下两个方面持续改进：

1) 在内容建设方面，将从深度和广度两个方面对项目内容进行深入拓展。一方面优化用户体验，提升 VR 用户的画面感和沉浸感，不断丰富当前项目内容，增加虚拟实验教学环节，引导学生进行更加深入的创新研究。另一方面通过不断拓展实验内容，将课程其他实验也逐步融入到当前的虚拟仿真平台，大力提升项目的服务范围和服务能力。

2) 在平台建设方面，本项目将进一步优化服务器配置，改善网络环境，通过学校网络中心开设专线，建立稳定、安全、畅通的网络管理平台，保证校内校外多用户能够随时快速地享受网络资源，实现更大范围内的实验教学资源共享，满足多地区、多院校、多用户开展虚拟仿真实验教学的需要。

7. 知识产权

软件著作权登记情况	
软件著作权登记情况	<input checked="" 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	轧制厚度控制虚拟仿真平台
是否与项目名称一致	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
著作权人	东北大学
权利范围	全部权利
登记号	2020SR0633288

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）：

2020 年 月 日

9. 学校教指委或学术委员会评价意见

该虚拟仿真项目注意调动学生参与实验教学的积极性和主动性，增强学生创新创造能力；坚持问题导向，重点解决真实实验项目条件不具备或实际运行困难，涉及高危或极端环境，高成本、不可逆操作等问题；坚持需求导向，紧密结合经济社会发展对高校人才培养的需求，紧密结合专业特色和行业产业发展最新成果，紧密结合学校定位和人才培养特点；注重通过视频等各种媒介促进教学准备；加强网络化条件下实验教学规律研究，探索提升实验教学效果的方式方法；以完成教学要求和内容为目标，综合应用多媒体、虚拟现实、云计算等网络化技术手段，提高实验教学项目的吸引力和教学有效度；建设师德高尚、知识丰富、能力过硬、结构合理的虚拟仿真实验教学团队；将虚拟仿真实验教学项目纳入相关专业培养方案和教学课程，制订相关教学效果评价办法；虚拟仿真实验教学效果显著，学生实验兴趣浓厚，自主学习能力明显增强，实践创新能力明显提高。

负责人（签字）：

2020 年 月 日

10. 学校政治审查意见

该课程内容及上传的申报材料无危害国家安全、涉密及其他不适宜公开传播的内容，思想导向正确，不存在思想性问题。

该课程团队负责人及成员遵纪守法，无违法违纪行为，不存在师德师风问题、学术不端等问题，五年内未出现过重大教学事故。

学校党委（盖章）

2020年 月 日

11. 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“辽宁省虚拟仿真实验教学一流本科课程”，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。

主管校领导（签字）：

（学校公章）

2020年 月 日