

附件 2

2019 年度国家虚拟仿真实验教学项目申报表

学 校 名 称	北京林业大学
实 验 教 学 项 目 名 称	人工林抚育采伐作业及造材控制 虚拟仿真实验
所 属 课 程 名 称	林业与园林机械
所 属 专 业 代 码	082402
实 验 教 学 项 目 负 责 人 姓 名	李文彬
有 效 链 接 网 址	http://linye.bjfu.owvlab.net/virexp/wycf

教育部高等教育司制

二〇一九年八月

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	李文彬	性 别	男	出生年月	1962 年 11 月
学 历	研究生	学 位	博士	电 话	010-62338139
专业技术职务	教授	行政职务	院长	手 机	13910659735
院 系	工学院			电子邮箱	leewb@bjfu.edu.cn
地 址	北京市海淀区清华东路 35 号			邮 编	100083
<p>教学研究情况：</p> <p>负责人简介：李文彬，日本爱媛大学博士，北京林业大学二级教授、博士生导师、工学院院长，主要从事林业机械、人机工程以及森林环境信息监测技术领域的研究。兼任第六和第七届中国国务院学位委员会学科评议组成员、中国林学会森林工程分会副理事长、中国林业机械分会副主任委员、林业装备与自动化国家林业和草原局重点实验室主任、《北京林业大学学报》、《森林工程》和《林业机械与木工设备》杂志副主编。曾被授予北京市优秀青年教师、原林业部（现为国家林业和草原局）青年学术带头人等称号。讲授《林业与园林机械》、《人机工程学》、《森林工程前沿专题》和《林业作业特种装备》（暑期小学期课程内容）等课程。</p> <p>（一）主持的教学研究课题</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.面向 21 世纪林业工程类本科人才培养方案和课程体系改革与实践的研究，国家教委，1997-2000 2.人机工程学专论课程建设，北京林业大学，2005 3.林木采伐作业装备虚拟仿真实验，北京林业大学校级虚拟仿真实验项目，2018 <p>（二）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</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.21 世纪的林业机械发展趋势、特点及对本科人才培养的要求，中国林业教育，1997.9 2.知识经济时代与我国林业高级专门人才的培养，中国林业教育，2000(5) 3.关于研究生创新能力培养的几点思考，中国林业教育，2009(6) <p>（三）获得的教学表彰/奖励</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.北京市优秀青年教师，1995 年 2.北京市高等学校优秀青年骨干教师，1995 年 3.北京林业大学优秀研究生指导教师，2017 4.北京林业大学优秀研究生指导教师，2019 5.北京林业大学研究生精品课程《人机工程专论》，2013 					

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)

(一) 承担的学术研究课题

主持国家“十三五”重点研发计划项目、国家自然科学基金、国家“十五”攻关、国家林业公益性行业科研专项、霍英东高等院校青年教师基金、教育部博士点基金、科技部农业科技成果转化资金、国家林业局“948”引进等国家级和省部级课题18项。

- 1.活立木生物电产生机理及其收集方法研究,国家自然科学基金,2013.1-2015.12,主持
- 2.林木障碍药带精准喷施装备关键技术引进,948项目,2013.1-2016.12,主持
- 3.基于物联网的经济林智慧管理技术平台推广示范,国家林业局,2016-2018,主持
- 4.森林土壤温差发电热传递规律及其对系统输出的影响机制,国家自然科学基金,2017.1-2020.12,主持
- 5.丘陵山区林果机械化作业机械装备研发与示范,国家“十三五”重点研发计划项目,2018-2020,主持

(二) 发表的主要学术论文

在国内外发表学术论文225篇,其中92篇被SCI和EI检所收录。

1. *Behavior of a thermoelectric power generation device based on solar irradiation and the earth's surface-air temperature difference. Energy Conversion and Management.* 通讯作者,2015,SCI。
2. *Ergonomic evaluation of the operating characteristics of the 6MF-30 portable pneumatic extinguisher. Applied Ergonomics.* 通讯作者,2015,SCI。
- 3.面向立木识别的有效K均值聚类算法研究,农业机械学报,通讯作者,2017,EI。
- 4.面向整枝机控制的手势识别技术研究,北京林业大学学报,通讯作者,2017。
5. *erodynamic noise analysis of a portable pneumatic extinguisher. Noise Control Engineering.* 通讯作者,2017,SCI。

(三) 获得的学术研究表彰/奖励

- 1.人工林自动整枝技术及设备,北京市科学技术奖三等奖,第一,2010年
- 2.森林资源保护无线监测关键技术,梁希林业科学技术奖三等奖,第一,2016年
- 3.油锯动静态特性对操作者肌肉疲劳的综合效应,霍英东教育基金会,第一,1996年

(四) 出版的学术专著

1. 林业工程研究进展，中国林业出版社，2005，主编
2. 《建筑室内与家具设计人体工程学》（第三版），2012，主编
3. 《基于计算机视觉的活立木三维重建方法》，2011，合著（第二，第一为本人指导的博士研究生）

（五）获得的授权专利等知识产权

以第一发明人获得国家授权发明专利 8 项、实用新型专利 5 项、软件著作权 13 项。代表性发明专利如下：

1. 山地单轨运输遥控车遥控装置，ZL201010108027.4，第一；
2. 一种树径生长量的自动测量装置专利证书（发明），ZL201110365933.7，第一；
3. 一种活立木环境能量收集方法（发明），z1201310232108.9，第一；
4. 一种活立木电能及其环境参数测量的装置（发明），z1201310399011.7，第一；
5. 便携式无患子采收机（发明），z1201510182473.2，第一；
6. 软件著作权，人工林抚育采伐作业及造材控制虚拟仿真实验平台，登记号：（2019SR0889606），2019 年 8 月。

（六）人才培养

从 1993 年开始，每年指导本科毕业设计 2-5 人，累计指导毕业设计 96 人。已招收指导博士后 7 人、博士研究生 35 人、科学硕士研究生 45 人、工程硕士研究生 21 人。

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	李文彬	北京林业大学	教授	院长	实验总体设计	在线教学服务
2	吴健	北京林业大学	实验师	无	实验内容设计	在线教学服务
3	陈来荣	北京林业大学	副教授	教学副院长	实验原理设计	在线教学服务
4	刘晋浩	北京林业大学	教授	学术委员会主任	实验架构设计	在线教学服务
5	阚江明	北京林业大学	教授	学科负责人	实验架构设计	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	袁湘月	北京林业大学	副教授	无	实验原理	在线教学服务
2	刘圣波	北京林业大学	实验师	无	在线服务	技术支持
3	李宁	北京林业大学	高级实验师	实验中心主任	实验安全	技术支持人员

4	王典	北京林业大学	副教授	无	算法研究	技术支持人员
5	黄青青	北京林业大学	讲师	无	采伐工艺	在线教学服务
6	王东林	北京林业大学	副教授	无	PID 参数设计	在线教学服务
7	郑一力	北京林业大学	副教授	专业负责人	PID 参数设计	在线教学服务
8	陈劭	北京林业大学	副教授	无	抚育工艺制定	在线教学服务
9	俞国胜	工学院	教授	无	林机标准	在线教学服务
10	王江	北京润尼尔网络科技有限公司	产品专员	无	实验交互设计	技术支持人员
11	徐洪国	北京润尼尔网络科技有限公司	程序主管	无	程序设计	技术支持人员
12	张得玉	绿友机械集团	高级工程师	总裁助理	课程开发	技术支持人员
项目团队总人数：17（人） 高校人员数量：14（人） 企业人员数量：3（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

人工林抚育采伐作业及造材控制虚拟仿真实验

抚育采伐是人工林培育的重要环节:为了使人工林能够健康快速生长,提高单位林地木材蓄积量和培育大径级林木,在林木整个生长期,必须进行多次间伐、割灌、修枝等抚育工作。间伐就是要伐去病树、枯树和弱势林木,逐渐减少林木密度,增大人工林的透光度,促进林木健康快速生长。因此,抚育采伐是人工林培育过程中非常重要的作业工序。我国人工林面积全球第一,而人工林生长质量却很差。我国人工林的单位面积木材蓄积仅为 86 立方米每公顷,只有林业先进国家单位面积蓄积量的四分之一。其主要原因是缺乏对人工林进行合理有效的抚育管理。目前,我国早期营造的桉树等人工林也逐渐进入主伐期。因此,人工林的机械化抚育采伐作业技术越来越受到企业和林区的重视。

“造材”是木材生产中的重要工序:对伐倒的林木(原条),按照一定规格的长度切断成原木的过程叫做造材。因此,在抚育采伐过程中,对于抚育间伐的林木原条,必须通过采伐头的位移传感器和液压控制系统准确控制造材长度、确定锯切位置,以提高造材的合格率和利用率。对于多工序的联合抚育采伐设备,伐倒、打枝与造材是一个连续的快速动态作业过程。造材的长度误差要求控制在-2cm~+6cm之间。因此,造材控制系统参数整定是非常重要的内容。

林区装备作业实验实习具有“三高”特性,虚拟仿真实验非常必要和重要:人工林抚育采伐作业及造材控制实验是林业工程专业非常重要的实验内容。包括林区作业环境与设备认知、抚育采伐作业工艺、定长造材控制等实验内容,共 4 学时。学生进入实际林区进行实际操作实验具有安全风险和成本制约,难于实现,即便进入林区实习,也是以参观为主,无法实际驾驶操作作业。其难度主要表现在林区抚育采伐作业的“三高”特性:即,高环境复杂性、高危险性和高成本性。林区植被和地形环境复杂,装备操作危险性高,而且林木不可重复采伐等特点,致使学生无法在林区进行实际装备操作作业实验。所以,“人工林抚育采伐作业及造材控制虚拟仿真实验”对于林业工程专业的学生非常重要、必要和紧要。

解决林区实习实验“三高”问题,北林在行动:北京林业大学的“人工林抚育采伐作业及造材控制虚拟仿真实验项目”是《林业与园林机械》本科生课程以及林业工

程相关实践教学的重要内容之一，项目依托于北京市高等学校实验教学示范中心——林业工程装备与技术实验教学中心。虚拟仿真实验通过信息技术与高等工程教育实验教学的深度融合，将林业抚育采伐作业与虚拟仿真教学相结合，在信息化教育教学方式上不断探索与创新，提高高等学校工程教育实践育人水平，为国家生态安全和国家木材安全培养人才。

本虚拟仿真实验的目的：通过虚拟仿真实验，实现“三个带进”，达到“三个目标”：

三个带进校园：

1.将林区复杂作业环境带进校园

森林作业工作环境复杂，植被多样，地形复杂，林木不规则，作业条件极其艰苦，人工林抚育采伐区域一般远离城市，且作业具有危险性，不能保证所有学生都能走进林区开展实践，即便进入林区，也只能是观摩性实习。本实验项目实现林区复杂环境和作业的虚拟仿真，将林区带进校园，带进实验室。由于大学生缺乏现场实践经验，本实验项目可以使学生直观地认知到林区一线工作环境。

2.将现代林业抚育采伐作业工艺带进校园

林木抚育采伐作业具有高危险、高能耗、不可重复采伐等特点。因此，抚育采伐作业需要获得技能认证的专业人员才能操作设备，学生无法实际操作。通过虚拟仿真手段，将抚育采伐作业工艺带进校园，使学生在虚拟环境下，直观地掌握大型林业作业装备的机械结构和作业控制过程，在虚拟环境中操作设备进行作业。

3.将林业特色复杂工程问题带进校园

在传统实验课程中，结合工程实际背景不强，本实验以林业抚育采伐作业及造材控制为目标，融合林业特色，紧扣行业前沿。通过虚拟环境把林业装备作业中的复杂工程问题带进校园。实验中，通过对林业抚育采伐作业工艺过程认知和林机装备作业技能掌握，落脚实践中所遇到的工程实际问题，帮助学生系统掌握PID参数整定对于林业装备的控制方法和过程，为林业机械研究开发打好实践基础。

三个主要目的：

1.在沉浸式虚拟环境中，使学生系统地掌握林业机械作业知识和技能

在沉浸式虚拟仿真环境中，掌握人工林作业的环境、装备功能、工艺过程和控制方法；包括：

(1)认知人工林环境和设备功能；

- (2)认知抚育采伐设备的功能与作业危险因素；
- (3)掌握现代林业皆伐工艺；
- (4)掌握现代林业抚育间伐工艺；
- (5)掌握割灌机操作及基本运动原理；
- (6)掌握抓具操作及基本运动原理；
- (7)掌握林业抚育采伐机操作及基本运动原理；
- (8)掌握工程实际问题中 PID 参数整定基本方法；
- (9)掌握 PID 参数整定对于造材长度误差的影响规律。

2.消除林区作业实验实习的安全风险

通过虚拟仿真，可以在实验室实现林区抚育采伐作业实验，规避作业风险。

3.减少实验实习成本，提高实验实习的效果和效率

通过虚拟仿真实验减少赴现场的费用和时间，减少设备使用能耗和林木采伐损失，达到减少成本、提高效率的目的。

本实验不仅为大学生提供林区抚育采伐作业装备和控制的原理认知、装备的操作和精准控制方法，及林区复杂环境的安全知识，也为林业工程相关企业和研究院所提供学习培训的良好平台，将课程实验、企业服务和科学研究相结合，体现了综合性、实用性和前沿性的特点。

2-2 实验课时

实验所属课程所占课时： 《林业与园林机械》，总课时 24

本实验所占课时： 4 学时

2-3 实验原理

人工林抚育采伐作业及造材控制虚拟仿真实验项目以虚拟的方式展现现代林业抚育采伐工程全机械化过程，包括利用林木联合抚育采伐机实现“采伐—造材”一体化的新模式。涉及实验基本原理内容主要包含林区作业基本知识、抚育采伐工艺、采伐机定长造材、PID参数整定四部分内容。

1. 林区作业基本知识

首先，通过理论学习，结合实际林区情况，了解林区环境及采伐作业时可能出现的安全问题，如伐木作业顺序、树倒方向、集运材方向、设备操作等方法，初步学会解决问题的方法。其次，了解作业林区的环境及作业树种的情况，学习初步判断作业林区的采伐方法（间伐、择伐、皆伐等）。最后，采伐作业设备功能、结构

认知：逐一认识抚育采伐作业的主要设备，深入了解其整体和局部功能、结构特点（尤其是末端执行机构的工作原理）、整机参数等信息，为学习采伐机的基本操作奠定理论基础。

2. 抚育采伐工艺

林木抚育采伐工艺的确定：根据目标林区树木的特点，选择割灌作业区域、抚育间伐区域、皆伐区域。

制定具体的采伐工艺流程如下：

抚育间伐工艺：一般为小径木，其工艺流程为：采伐——打枝——造材——归堆——运输

皆伐工艺：一般为成熟的林木，根据造材地点不同，其工艺流程主要可分为：

①林区造材：采伐——打枝——造材——归堆——集材；②山下楞场造材：采伐——归堆——集材——打枝——造材等两类

林下疏伐工艺：一般为灌木类，其工艺流程为：采伐——收集——打捆/削片（也可在楞场再削片粉碎）——归堆——运输

确定采伐工艺后，学习抚育采伐设备的基本操作规程以及进行操作实践，现代化抚育采伐工艺流程图如图 2-1 所示。

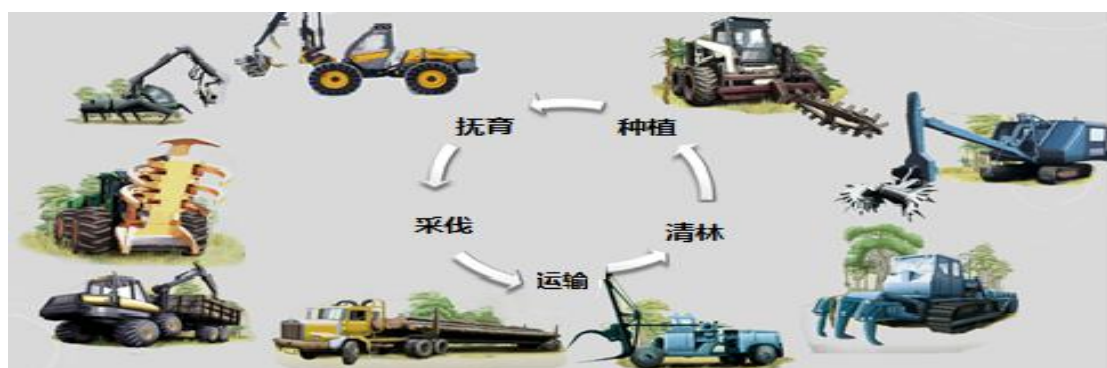


图 2-1 基于现代化林业机械装备的抚育采伐工艺示意图

3. 林木联合采伐机造材

林木联合采伐机末端执行装置（一般称为采伐头）是采伐机的核心工作装置，林木伐倒、打枝和定长造材等功能都由它来完成。作业工序是：采伐头须抱紧树干、伐倒树木、打枝、造材。造材是把伐倒的树木（原条）按照一定长度规格截断，要求造材长度误差在-2cm 至+6cm 之间，因此，采伐机定长造材过程中，通过传感器测量材长并控制测量精度是非常关键的功能，而采伐头控制器的 PID 参数整定是其关键技术。



图 2-2 林木联合采伐机作业过程

4. 工程 PID 参数整定

首先，理解PID控制算法。按偏差的比例、积分和微分进行控制（简称PID控制）是连续系统控制理论中技术最成熟、应用最广泛的一种控制技术。它结构简单，参数调整方便，是在长期的工程实践中总结出来的一套控制方法。

$$\text{PID控制规律: } u(t) = K_p[e(t) + \frac{1}{T_i} \int e(t)dt + T_d \frac{de(t)}{dt}] \quad (1-1)$$

其中， K_p 是比例系数； T_i 为积分时间常数； T_d 为微分时间常数。

其次，了解PID算法精准控制造材过程。在实际造材过程中，要求控制参数必须准确可靠，避免造成不必要的材料浪费，保证准确的成材尺寸。林木联合采伐机造材控制系统是一个典型的工程PID控制问题。在这个环节，可训练学生深入理解控制理论和计算机控制系统，进一步掌握工程中PID调节规律的程序实现和参数整定，以及抚育采伐机采伐头电液比例控制的驱动方法。通过控制系统参数调节后的进料造材数据，和直观的视景仿真进料过程，可以充分让学生体验到利用PID调节对于造材过程的控制，同时对林业作业对象也有更为直观的了解。

最后，掌握PID参数整定方法。本实验项目使用的整定方法为临界比例度法和反应曲线法，两种都属于Ziegler-Nichols工程整定法。

临界比例度法适用于未知对象传递函数的场合，在闭合的控制系统里，将调节器置于纯比例作用下，从大到小逐渐改变调节器的比例度，得到等幅振荡的过度过程。此时的比例度称为临界比例度 δK ，相邻两个波峰间的时间间隔称为临界振荡周期 TK 。用临界比例度法整定PID参数的步骤如下：

①把调节器的积分环节和微分环节断开，比例度置较大数值，把系统投入闭环运行，然后将调节器比例度 K_p 由大逐渐减小，得到临界振荡过程。这时候的比例度叫做临界比例度 K_{pcnt} ，振荡的两个波峰之间的时间即为临界振荡周期 T_n 。

②根据 K_{pcnt} 和 T_n 的值，运用表 2-1 中的经验公式，计算出调节器各个参数 K_p 、 T_i 和 T_d 的值。

③根据计算结果设置调节器的参数值。运行之后，即可得到响应曲线。

④按“先 P 后 I 最后 D 的操作程序将调节器的整个参数调到计算值上，若还不够满意可再进一步调整。

表 2-1 临界比例度法整定控制器参数

控制器	K_p	T_i	T_d
P	$0.5 K_{pcnt}$	----	----
PI	$0.45 K_{pcnt}$	$0.85 T_n$	----
PID	$0.6 K_{pcnt}$	$0.5 T_n$	$0.12 T_n$

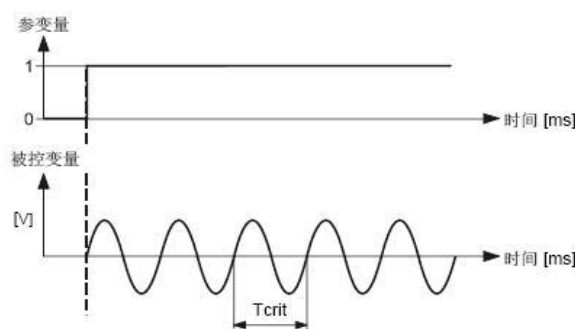


图 2-3 稳态振荡

反应曲线法是工程上最常用的快速整定 PID 参数的方法。*Ziegler-Nichols* 法根据给定对象的瞬态响应来确定 PID 控制器的参数，它首先通过实验，获取控制对象的阶跃响应，即在系统开环、带负载并处于稳定的状态下，给系统输入一个阶跃信号，测量系统的输出响应曲线，如下图 2-4 所示：

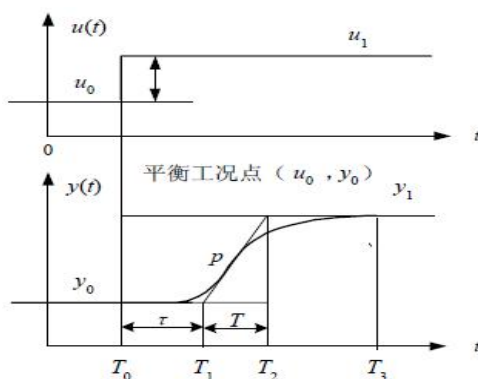


图 2-4 阶跃激励信号与被控对象的阶跃响应曲线

如果阶跃响应曲线 $y(t)$ 看起来是一条 S 形的曲线，则可用此法，否则不能用。
 S 形曲线用滞后时间 τ 和时间常数 T 来描述，对象传递函数可近似为：

$$\frac{y(s)}{u(s)} = \frac{Ke^{-\tau s}}{Ts + 1} \quad (2-2)$$

其中 K 是放大系数：

$$K = \frac{y_1 - y_0}{y_{\max} - y_{\min}} / \frac{u_1 - u_0}{u_{\max} - u_{\min}} \quad (2-3)$$

可根据表 2-2 计算出 K_p 、 T_i 、 T_d 的值。

表 2-2 反应曲线法整定控制器参数

调节规律	K_p	T_i	T_d
P	$T/K\tau$	∞	0
PI	$0.9 T/K\tau$	3.3τ	0
PID	$1.2 T/K\tau$	$2\tau-2.2\tau$	0.5τ

5. 对应的知识点：共 15 个

- 1) 抚育采伐装备的结构与功能
- 2) 抚育采伐装备操作规程
- 3) 间伐、皆伐、渐伐等采伐概念
- 4) 林内割灌的目的与意义及割灌机操作和运动原理
- 5) 生物质收集的目的与意义
- 6) 油锯的操作安全规程
- 7) 作业安全的影响因素与防范知识
- 8) 装备底盘的通过性能（越障、爬坡、动力）
- 9) 机械作业对环境的影响机理
- 10) 造材的目的与意义
- 11) 采伐头的结构与定长造材工艺
- 12) 造材的控制方法
- 13) 木材检尺标准及计算方法
- 14) PID 临界比例度法参数整定方法
- 15) PID 反应曲线法参数整定方法

2-4 实验仪器设备（装置或软件等）

1. 实验平台

北京林业大学工学院设置有“林业工程装备与技术虚拟仿真实验教学中心”，具有实体实验室空间，并建有基于网络的虚拟仿真实验项目网站，可开展远程虚拟实验，网站如图 2-5 所示。



图 2-5 人工林抚育采伐作业及造材控制虚拟仿真实验平台

2. 实验涉及仪器设备与设施

①**六自由度并联平台模拟装备**:工学院“林业抚育采伐仿真作业实验室”有芬兰进口的“六自由度并联平台模拟装备”。该装备是一把与林木联合抚育采伐机驾驶座椅相同功能的座椅，是芬兰庞塞公司用于训练联合抚育采伐机操作工人的设备，可与大型环幕及虚拟系统一起构成线下抚育采伐仿真作业系统。该系统是本项目基于网络虚拟仿真实验系统的线下补充，可实现虚实结合（在后面的试验方法中还有另行说明）。

②**混合现实设备（MR 眼镜）**：实验室有混合现实设备，可在现实世界、虚拟世界和用户之间搭起一个交互反馈的信息回路，作为仿真实验的线下补充。

③**人工林抚育采伐设备实物**：北京林业大学工学院林业装备与自动化国家林业和草原局重点实验室具有林木联合采伐机、采伐头、割灌头、抓具等林业装备实物样机，可供虚拟建模和线下虚实结合实验使用。

④**具有自主知识产权的虚拟仿真软件**：本实验室获得具有自主知识产权的从事虚拟仿真实验的计算机软件著作权。多年来，依托林业工程装备与技术虚拟仿真实验教学中心，北京市林业工程装备与技术实验教学中心等平台，在林业与园林机械、计算机仿真控制等专业课程的教学中，采用虚拟仿真手段，取得了良好的教学效果。

学生的学习积极性提高，学习效果明显提升，具有自主知识产权的林业抚育采伐装备控制实验项目，在林业机械、森林采伐、森林抚育等培训中得到了推广应用，有力促进了林业工程行业高端人才的培养，促进了行业智能化作业的发展，取得了软件著作权多项，申请虚拟仿真实验项目相关发明专利一项。

获得与本项目相关的自主知识产权：

- 1)林业联合采伐机虚拟仿真实验软件系统，软件著作权 2019SR0723170；
- 2)森林抚育采伐作业虚拟仿真教学实验平台，软件著作权 2019SR0815561；
- 3)人工林抚育采伐作业及造材控制虚拟仿真实验平台，软件著作权 2019SR0889606；
- 4)一种林区作业教学系统及其使用方法，发明专利，申请号 201910739991.8。



图 2-6 获批实验项目相关软件著作权

PA19029849	
国家知识产权局	
<p>100068</p> <p>北京市海淀区北四环西路 68 号 1516 室 北京超凡宏宇专利代理事务所（特殊普通合伙） 何少岩 (010-62137097)</p>	<p>发文日：</p> <p style="font-size: 1.2em;">2019 年 08 月 12 日</p>
<p>申请号或专利号：201910739991.8 发文序号：2019081201358190</p>	
<p>申请人或专利权人：北京林业大学</p>	
<p>发明创造名称：一种林区作业教学系统及其使用方法</p>	

图 2-7 实验项目相关发明专利

2-5 虚拟仿真模型构建用实验材料（或预设参数等）


1.本虚拟仿真实验所选用装备主要技术参数

本实验项目所用林业装备模型关键技术参数如表 2-3 所示。

表 2-3：设备及其关键参数

设备名称	设备型号	设备参数	设备图标
3150-9f 林木联合采伐机	3150 型履带式底盘	长×宽×高(mm): 7760×2600×3090 整机重量(kg): 15500 额定功率(kW): 85 液压系统额定流量(L/min): 2×120 液压系统额定压力(Mpa): 30 最大牵引力(kN): 100	
3150-9f 林木联合采伐机	LAKO43 HD 采伐头	进料速度(m/s): 0-5 进给力(kN): 18-20 采伐扭矩(kN): 6 最大采伐树径(mm): 510 打枝最大树径(mm): 430 功率(kW): 40 链条速度(m/s): 40 宽度(mm): 1250 长度(mm): 1270 高度(mm): 1050/1450 重量(kg): 740 采伐径级(mm): 40-510 打枝径级(mm): 40-430	
清林割灌机	XGJ-BC 新型清林割灌机	行走速度 (km/h) : 3.1/5.4 怠速转速(r/min) : 2800 最大转速 (r/min) : 12300 600型和900型林木铣盘和清林锯盘	
集材运输车	轮摆式集材运输车	1804A 拖拉机搭配 W-6-8T 抓木拖车 拖拉机结构型式: 4×4 四轮驱动 发动机功率 (kW) : 132.4 发动机标定转速(r/min): 2300 标定牵引力 (kN) : >35 轴距 (mm) : 2820 燃油箱容积 (L) : 350 拖拉机重量(kg): 6100 最大臂展 (m) : 6.5 臂展 4m 时起重量(kg): 900 最大臂展时起重量(kg): 500 提升力矩(kNm): 63 立柱旋转扭力(kNm): 11.1 旋转角度(°) : 360 旋转缸数量 (个) : 4	

		吊臂重量 (kg) : 883 载重量 (kg) : 5000-8000	
油锯	STIHL 20 寸 MS382 油锯	锯链节距: 3/8" 机油箱容积 (L) :0.36 燃油箱容积(L): 0.68 整机重量(kg): 5.9 功率(kw): 3.9 怠速转速(r/min): 2400 最高转速: 12500r/min 动力重量比(kg/kW): 1.7 噪声级 (dB (A)) : 103 左/右振动值 (1m/s ²) : 5.3/7 排气量 (cm ³) : 72.2	
林用拖拉机	1804A 拖拉机	拖拉机结构型式: 4×4 四轮驱动 发动机功率 (kW) : 132.4 发动机标定转速 (r/min) : 2300 标定牵引力 (kN) : >35 轴距 (mm) : 2820 燃油箱容积 (L) : 350 拖拉机重量 (kg) : 6100 加固型 8 轮自卸拖斗 额定载重(kg): 6000 拖斗重量 (kg) : 1800 车箱尺寸(mm): 4500×2150×550 倾卸方式: 液压 倾卸方向: 侧卸或后卸	
抓具式装载机	DLKL 04 液 压旋转式抓 具式装载机	抓具重量(kg): 390 开档尺寸(mm): 1400 工作压力(Mpa) : 11-14 安全阀设定压力(Mpa): 17 工作流量(L/min): 30-55 旋转角度(°) : 360	
生物质粉碎机	立式生物质 粉碎机	投料槽直径 (mm) : 2000 碾磨盘内径 (mm) : 3050 发动机功率 (kW) : 746 主轴转速 (r/min) : 2950 整机重量(kg): 33339 长×宽×高(mm): 13000×3600×4100	
钻机	SY170 旋挖 钻机	总重(kg): 26200 钻机行程(mm): 17000 成孔直径范围(mm): 600-2200 最大成孔深度(mm): 17000 动力头最大输出扭矩(kN): 16	

立木整枝机	BSR-Z23 遥控自动立木整枝机	长×宽×高(mm): 630×570×830 最大树枝切割直径 (mm) : 35 驱动轮: 3 个充气轮胎 无线遥控距离 (m) : 60 (开阔空间)、30 (林内) 整机重量(kg): 28kg 最大功率 (kw) : 1.5(7000r/min) 适应树干直径 (cm) : 8-23 作业速度-上升 (m/min) : 1.8-2.5	
-------	-------------------	--	---

2. PID 参数整定参数预设

(1) 模型参数

根据工学院承担的国家“十一五”科技支撑重大项目课题：多功能林木采育作业关键技术装备研究与开发（2006BAD11A15）科研成果，造材进料控制系统的开环传递函数可近似为此三阶函数：

$$G(s) = \frac{10}{s^3 + 9s^2 + 23s + 15}$$

(2) 设定参数

实验中涉及到的参数要求有以下 6 条：

- 1) 预期造材长度 200cm, 400cm, 600cm 可选；
- 2) 根据国家标准《GBT4816-1984-杉原条检验》误差精度要求，定长造材允许误差为 -2cm 至 +6cm。
- 3) 临界比例度法的比例度 K_{pcnt} 调节范围为 0-50（从大往小调，取整）；
- 4) 进料辊控制系统 PID 控制器开环阶跃响应曲线的调节时间小于 5s；
- 5) 进料辊控制系统 PID 控制器开环阶跃响应曲线允许最大的超调小于 60%；
- 6) 本实验项目要求出材率大于 80%（出材率按规格材与非规格材之和计算，根据标准木的胸径与树高查询二元材种出材率表得出，胸径按照第一段（离地）木材的径级计算）。

2-6 实验教学方法

通过虚拟人工林环境、虚拟抚育采伐设备，通过计算机与互连网络进行抚育采伐的环境认知、作业工艺实验以及 PID 造材控制虚拟仿真实验。学生沉浸于虚拟林区环境，完成抚育采伐及造材控制的全部试验。根据需要，可利用线下设备进行线上线下相结合的抚育采伐作业仿真。

1. 使用目的

(1) 激发学生学习兴趣

在虚拟环境中，学生可以直接操作林业专用抚育采伐设备，与虚拟林场作业环境漫游互动，能够使学生深入细致地了解采伐头进料造材误差并做出及时回应。这种直观、实时和互动的特点不仅激发了学生了解和掌握现代化林业作业装备的兴趣，也有助于学生进行学习迁移和深化。

(2) 提升学生学习能力

虚拟仿真实验解决了真实抚育采伐作业因“高环境复杂性、高危险性和高成本”制约而难于实现的问题。在虚拟环境中，学生可以针对林场情况制定抚育采伐工艺和关键设备工程调试进行反复练习操作，既能深化对已有理论知识的理解，又能获得解决工程实际问题的能力；学生也可选择练习模式或自主设计实验，这种灵活的方式既能够激发学生养成主动掌握知识和不断反思的习惯，又能推动学生将理论知识应用于实践。在实验过程中，学生的学习能力不断得到提升。

(3) 提高学生学习效率

本实验为学生提供了泛在化的网络虚拟实验室和 24 小时在线的“空中课堂”，使学生可以不受时间和空间限制，学生沉浸其中，能够随时随地进行实验，大大缩短了实验周期；系统自动评分功能有助于学生学习效果得到及时反馈，从而及时发现问题和解决问题，学生学习效率也大幅度提高。

2. 实施过程

(1) “线上虚拟仿真——线下虚实结合”的全方面实验

线上虚拟仿真利用网络远程平台与虚拟仿真实验室相结合的方式，通过远程网络自学方式使得学生提前预习本实验相关理论知识，完成网上习题后，再上机进行虚拟仿真实验，通过上机教学提升学生对课本知识的理解；结合林区虚拟场景和真实采伐工艺的控制要求，培养学生解决复杂工程问题的能力。线下实验在林业抚育采伐仿真作业实验室开展，利用六自由度并联平台模拟装备在林区行走、作业过程，并在大型环形屏幕上实现在线虚拟交互作业。线上线下相结合的实验流程和评分实施过程如图 2-8 所示，林业抚育采伐仿真作业实验室如图 2-9 所示。

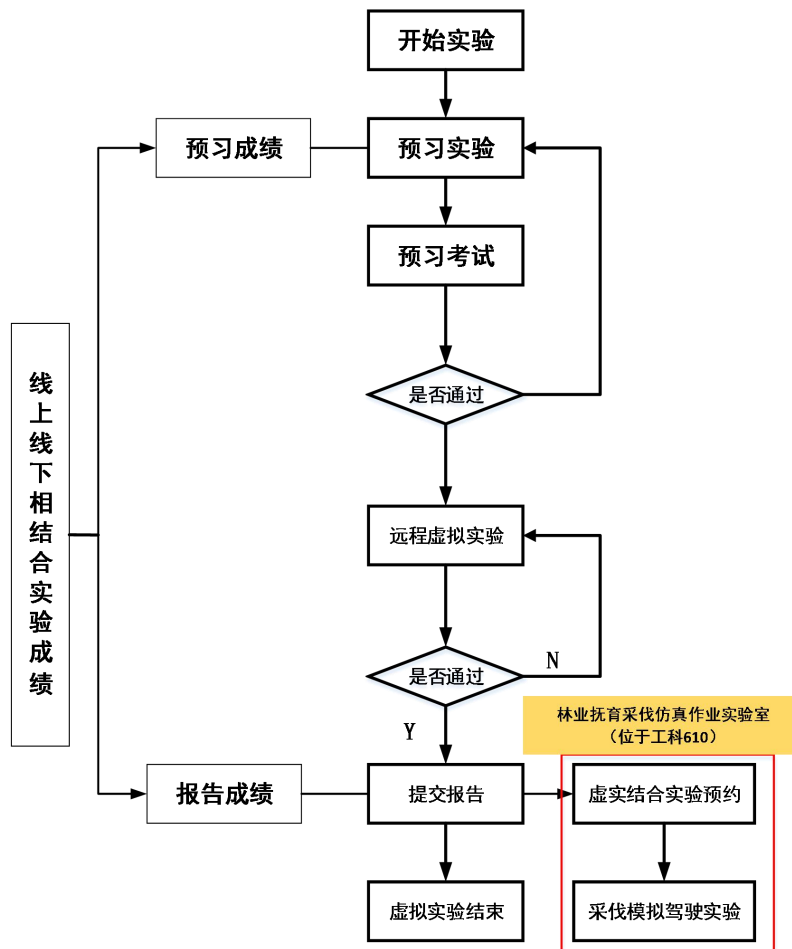


图 2-8 线上线下相结合的实验流程及评分实施过程图



图 2-9 林业抚育采伐仿真作业实验室（虚实结合）

(2) 混合显示技术应用

混合现实技术（MR）是虚拟现实技术的进一步发展，该技术通过在现实场景呈现虚拟场景信息，在现实世界、虚拟世界和用户之间搭起一个交互反馈的信息回

路，以增强用户体验的真实感。现有实验项目都是基于 web 端开发，解决了学院教学场地和资源问题。但是，单纯的网络端，学生并不能完全体验真实实验过程。结合现有增强现实技术，融合真实实验场景，构建林业抚育装备共享全息影像，实现学生深度沉浸式教学，可大大提高实验效果，效果如图 2-10 所示。



图 2-10 混合现实（MR）实验教学

（3）研究型教学法不断提升虚拟仿真实验质量

本实验项目组成员不断推进虚拟仿真实验教学，项目成员获批 2017 年校级教改项目“基于工程教育专业认证的机械工程测试技术虚拟仿真实验教学改革与探索”（项目号：BJFU2017JY023），成功开发《林木采伐装备虚拟仿真实验项目》一套，在 2017 年度《机械控制与测试实验》课程中得以应用，并于 2016-2018 年分别在北京林业大学教改论文集发表《虚拟仿真实验教学初步建设与探索》、《面向工程教育认证的虚拟仿真教学研究》和《林木采伐装备虚拟仿真实验项目开发与探索》论文 3 篇。项目组成员于 2019 年继续获批校级教改项目“结合增强现实的虚拟仿真实验教学模式研究”，不断扩宽虚拟仿真教学方式和提升虚拟仿真实验效果。

（4）合作互动式研讨加强与学生互动

本实验项目开放式实验平台中设有答疑室，学生在做虚拟实验时或课后，均可以在答疑室中与在线的指导老师互动交流，也可以留言提问。



图 2-11 虚拟仿真实验平台答疑室

3. 实施效果

(1) 提高了人才培养质量

本项目的开发突破了时间和空间的限制，学生可以随时随地进行实验。同时，软件中设有纠错和提示功能，学生可以反复进行练习。大量虚拟实验环境里对虚拟实验对象的“试误”，练就了学生的熟练掌握现代林业抚育采伐作业工艺、操作及故障调试的能力。本项目的应用，大大提升了学生解决工程实践能力能力和投身现代林业建设的热情。自 2018 年 12 月以来，已有 328 名学生完成了该项目的实验，受到广大学生和用人单位的好评。

(2) 提升教学效率

本项目建构了一个真实环境，目前支持同时在线访问高达 100 人，解决了现实林场机械化抚育采伐高危险、高耗材、室内不易实现、大批量的学生参与见习或实习的难题；也解决了学生无法直观感受现代林业机械化抚育采伐全过程的现象、激发学生自主解决工程实际问题。在虚拟仿真实验中，学生与虚拟林场环境、林业机械装备和工程问题进行互动，不仅能把线下课堂中所学的知识应用于线上实验中，而且激发了学生对专业的热情和兴趣，大大提升了教学效率。

(3) 降低教学成本

本项目使学生足不出户就能学习林业机械装备的操作和抚育采伐工艺，节省了学生往返林场实验实习的时间和交通成本。仅北京林业大学相关专业的实验实习交通成本，年均可节省 28.64 万元。学生通过与虚拟的实验对象和实验材料进行互动，

大大节省了实验设备、材料的购置和实习场地培训费用，以一周实习为例单次材料和培训节省 9.1 万元。

测算说明：

以 4 个班级 120 人为例，实习一周时间；

年交通成本=选课人数×往返高铁+当地租车=120×931×2+3×2000×7=286400 元；

年材料费成本=日均油费×7+培训费+木材费用=3000×7+50000+20000=91000

元。

(4) 共享教学资源

本项目可通过互联网访问使用，能够方便地开展大范围班级实验并向社会开放。目前，该虚拟仿真教学资源不仅惠及本专业的师生，也支持了我校其它相关专业的虚拟仿真实验教学。中国福马机械集团、绿友机械集团、国家林业局北京林机所等 5 所相关单位共享了该虚拟仿真实验教学项目。



图 2-12 北林与中国福马机械集团合作采伐机项目及其作业虚拟仿真培训

2-7 实验方法与步骤要求

1. 实验方法描述

(1) 模型法

本项目通过建构模型的方法模拟人工林抚育采伐的情境，使得学生直观理解和掌握现代林业抚育采伐基本工艺和先进设备，通过构建林木联合采伐机、割灌机、抓具式装载机、集材车、立木整枝机等模型，将最新的设备和技术以虚拟仿真的方式呈现给学生。

(2) 情境法

本项目为学生提供了与林业抚育采伐装备交互的机会。学生在虚拟的环境中，不仅可立体、生动的获知林场环境，也可了解林业装备操作的基本方法，还可开展

工程复杂问题的调试，并接受考核。学生沉浸其中，进行虚拟采伐时，系统有提示与纠错功能，允许学生“试误”；系统也会对学生的整个操作过程进行记录和评分，并开设了学生自主设计实验，反映学生对虚拟抚育采伐的规范与标准的理解与掌握程度。

(3) 比较法

本项目以 PID 参数整定为复杂问题落脚点，运用了两种方法进行处理，分别是临界比例度法和反应曲线法。通过工程实践对比两种解决方案，以问题原理分析入手，比对调试，最终得到最佳整定效果，实现定长造材的长度精准控制。

2. 学生交互性操作步骤说明

本实验项目整体内容和步骤设计思路以森林抚育采伐工艺为主线，结合工程教育认证复杂问题为背景，解决了定长造材中 PID 参数整定的复杂工程问题，以“面向行业—面向工艺—面向工程”的建设思路开展实验，内容分为培训认知（1 学时）、工艺作业（1 学时）和工程调试（2 学时）三个主要环节。通过三维仿真技术，虚拟林区抚育采伐及工程调试情境，学生可在整个场景和情境中进行交互性操作 45 步。实验设计思路如图 2-13 所示。

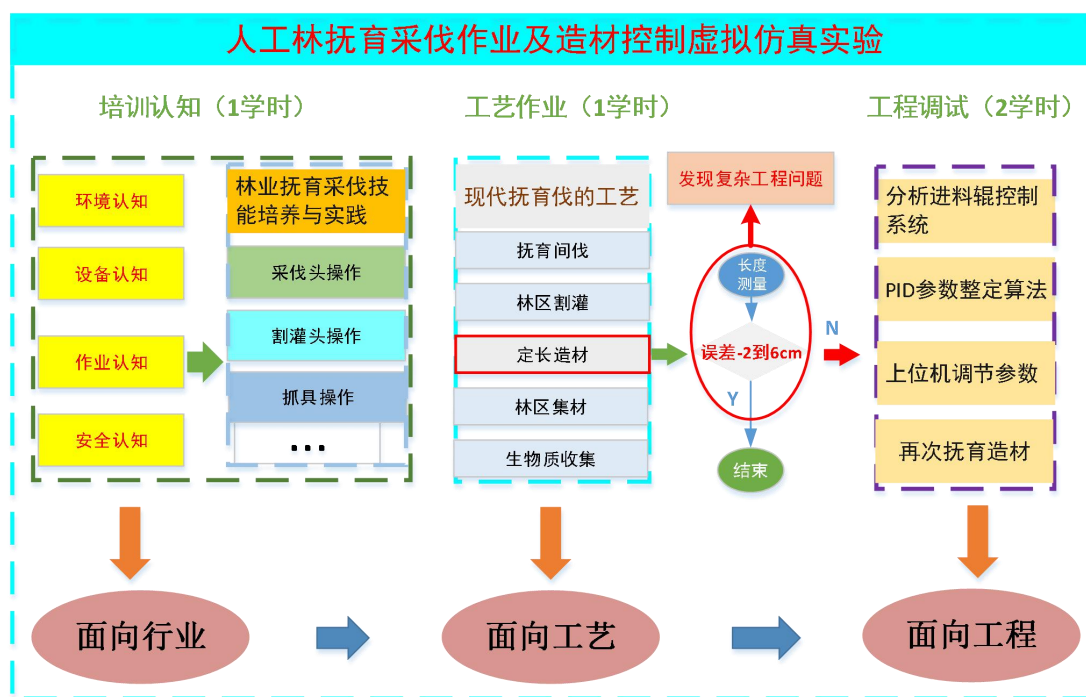


图 2-13 实验基本思路

步骤 1 登录项目网站 <http://linye.bjfu.owvlab.net/virexp/wycf>，进入网站了解项目描述、特色、网络要求等相关信息，并点击“教学入口”；

步骤 2 点击“开始实验”进行实验，如图 2-14 所示；



图 2-14 进入实验界面

① 培训认知模块

步骤 3 选择“培训认知”模块，即可进入第一部分实验，如图 2-15 所示；



图 2-15 实验模块选择

步骤 4 进入林区环境，点击顶部“环境认知”进行林区漫游和林区认知，充分了解林

区现场情况，如图 2-16 所示；



图 2-16 林区环境漫游

步骤 5 点击“安全认知”，学习林区环境作业的安全认知、林用设备操作规范和典型安全事故演示，界面如图 2-17 所示：



图 2-17 安全认知界面

步骤 6 点击“设备认知”，逐一认知林木采伐机、割灌机、集材等关键设备的型号和参数，并点击对应设备图下方的运动演示按键，对我国现有先进林业装备有一定认

知和了解，如图 2-18 所示；



图 2-18 设备认知界面

步骤 7 点击“作业认知”，点击“设备操作说明”学习林木联合采伐机、清林割灌机、油锯等设备的操作规范，如图 2-19 所示；



图 2-19 作业认知界面

步骤 8 点击“采伐及造材作业考核”：进入采伐头控制器界面如图 2-20，进行相关参数的选择，系统提示学生选取树种为桉树（树种提供松树、桉树、杨树等类型），造材长度可选 200cm、400cm 和 600cm，最大直径为 430mm，PID 控制器选择“关闭”；



图 2-20 采伐头控制器界面

步骤 9 开始采伐及造材作业考核，仔细阅读林木联合采伐机操作键位对照表，见表 2-4，并尝试操作采伐机；

表 2-4 林木联合采伐机作业内容与符号

林木联合采伐机作业内容与符号			
W	采伐机前进	Y	采伐头逆时针旋转
A	采伐机左转	H	采伐头顺时针旋转
S	采伐机后退	U	采伐头立起
D	采伐机右转	J	采伐头倒下
Q	平台左转	I	采伐头抱合
E	平台右转	K	采伐头张开
R	大臂抬升	C	切换视角
F	大臂下放	M	开锯
T	小臂抬升	L	进料
G	小臂下放		

步骤 10 选择一棵指定树木开展采伐考核，按照自动采伐示例要求完成作业，作业通过后进入下一个模块学习，如图 2-21 所示，不通过继续学习采伐机操作，选择“放弃考核”将扣除会扣除相应分数；

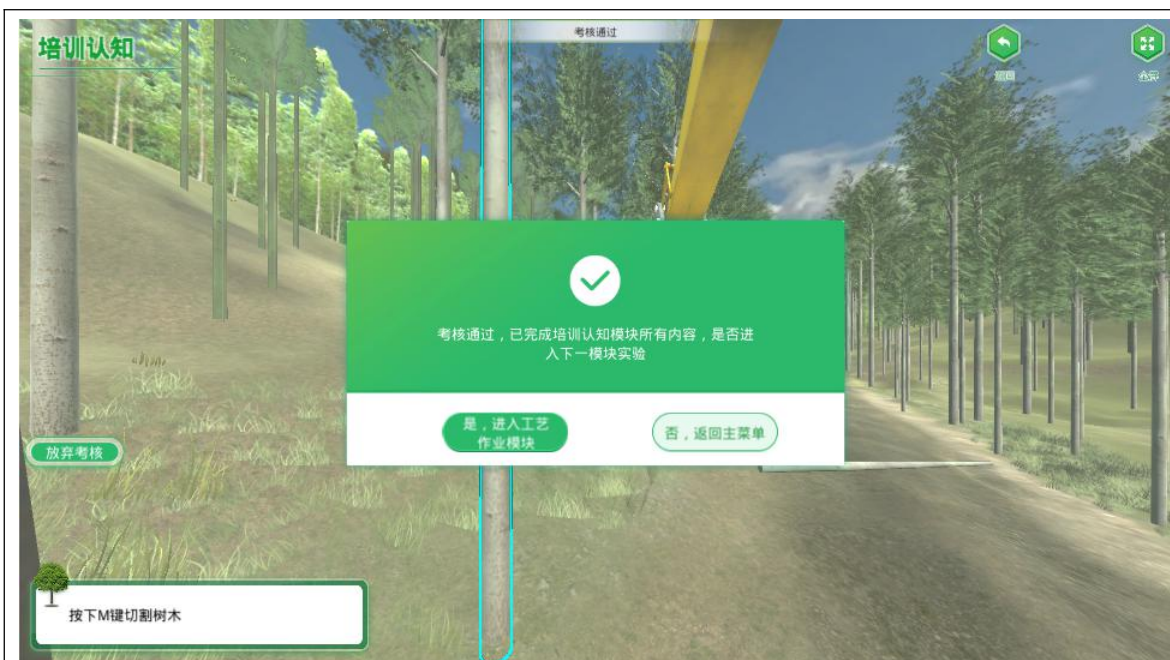


图 2-21 考核通过界面

② 工艺作业模块

选择图 2-15 中“工艺实验模块”，进入第二部分实验。

步骤 11 查看抚育和采伐任务要求，选择合适设备，如图 2-22 所示；



图 2-22 设备选择界面

步骤 12 定制抚育和采伐工艺流程图，如图 2-23 所示，根据上一步所选设备将其拖到正确的流程框中，设备选择错误返回上一步，放弃选择会扣除相应分数；



图 2-23 抚育和采伐工艺流程图

步骤 13 开展清林割灌作业，进行抚育割灌和道路割灌操作，如图 2-24 所示；



图 2-24 开展清林割灌作业

步骤 14 开展抚育采伐作业，设置采伐头控制器，设置树种、长度、直径等参数，控制林木联合采伐机移动到指定采伐区域；

步骤 15 点击“试采”按键，点击“自动采伐”，图 2-25 为采伐机开展采伐作业；

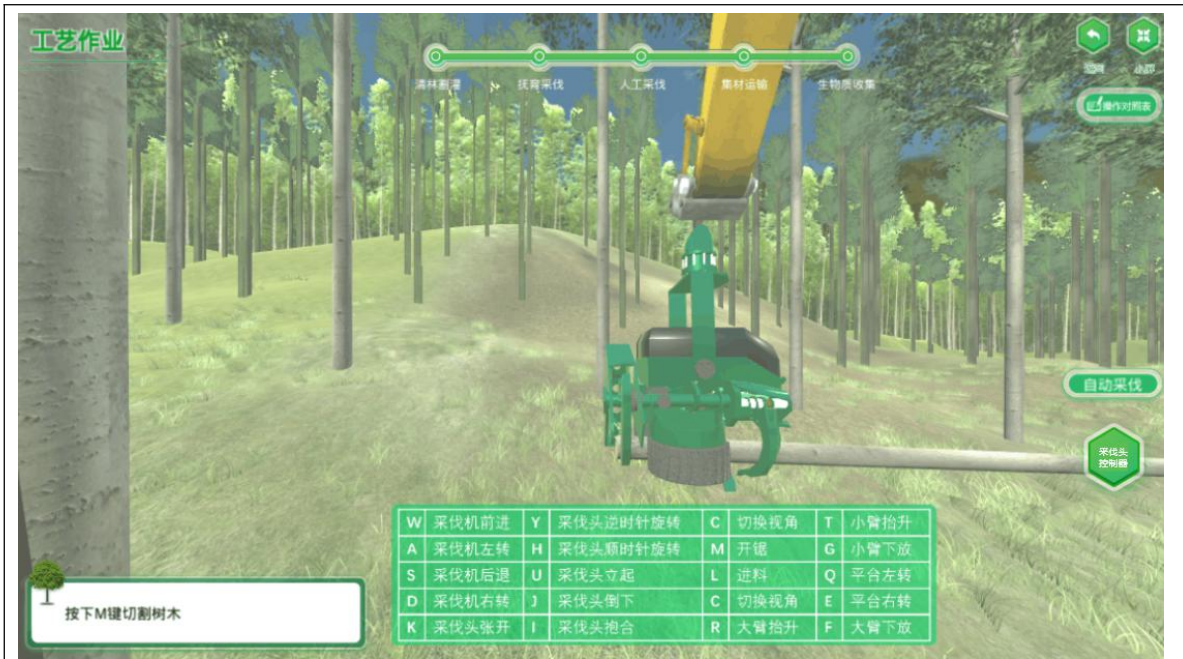


图 2-25 采伐机作业图

步骤 16 选择坡度较陡的区域，开展人工油锯采伐作业，如图 2-26 所示；



图 2-26 油锯作业图

步骤 17 点击“集材”按键，集材车开始自动集材并运往楞场归楞，如图 2-27 所示；



图 2-27 集材作业图

步骤 18 点击“生物质收集”按键，抓具自动抓取割灌、抚育、采伐所留林业生物质并装车，如图 2-28 所示；



图 2-28 采集生物质

步骤 19 在楞场对已造材完成的木材归楞，如图 2-29 所示；



图 2-29 木材归楞处理

步骤 20 对“试采”的木材进行检量，点击“测量”，生成原木检量表，记录如图 2-30 所示，观察所得数据；

原木	原木样①	原木样②	原木样③	原木样④	原木样⑤	原木样⑥
径级 (cm)	32	32	28	26	24	20
长度 (cm)	207.0	212.0	199.0	188.0	195.0	212.0
误差 (cm)	7.0	12.0	-1.0	-12.0	-5.0	12.0

期望造材长度 cm : 200

根据G11716-1999和林区生产实际，检尺长范围为：2-6m，长级公差为+6cm到-2cm，可知上述部分原木检尺长度不满足造材要求，在表中已用红字标出

图 2-30 原木检量结果

步骤 21 分析误差率，红色数据部分为不合格长度数据，判定试采未达定长造材要求精度（误差要求在 $-2\text{cm} \sim +6\text{cm}$ 以内），系统提示是否进入下一个模块，选择“是”；

③工程调试模块

林木联合采伐机造材过程中最常见的问题就是定长造材不准，需要进行工程调试，本工程调试模块其核心问题主要为林机设备采伐头控制器 PID 参数整定，其实

验结构图如图 2-31 所示。

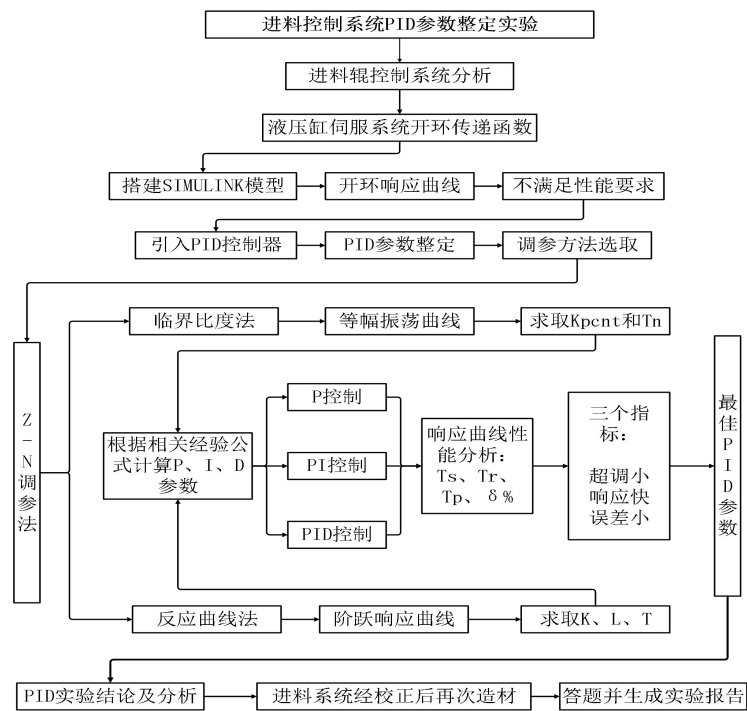


图 2-31 PID 参数整定实验流程图

步骤 22 点击进入 PID 参数整定实验，学生在引导下依次完成实验目的、实验原理及实验任务的认知，如图 2-32 所示；

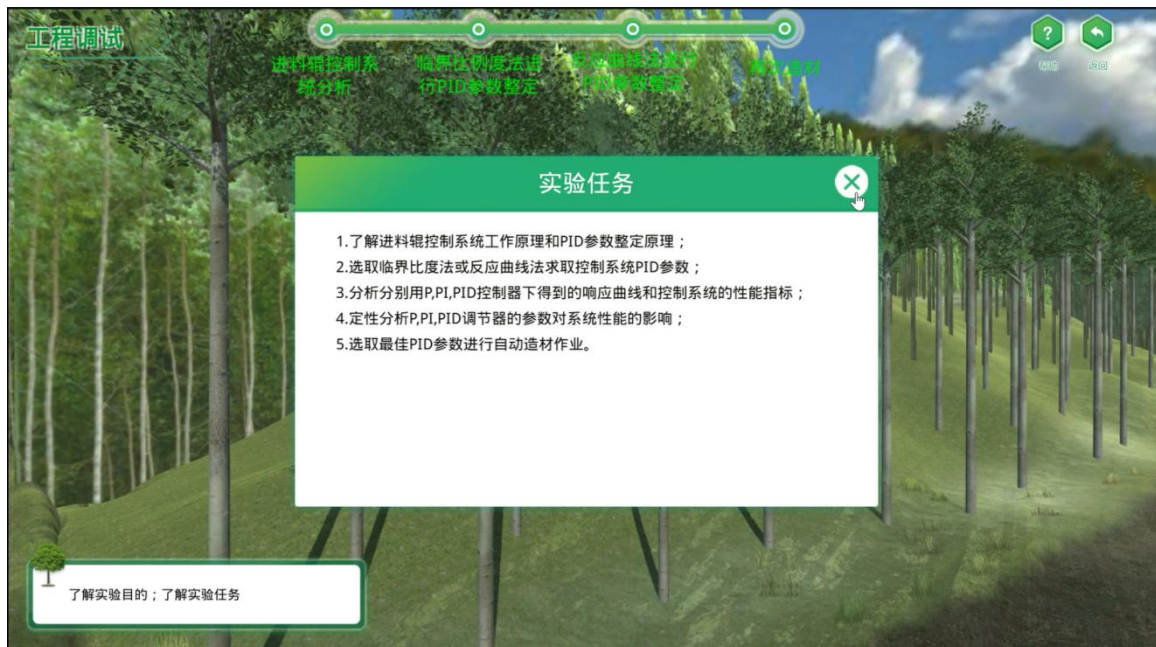


图 2-32 进入 PID 参数整定实验

步骤 23 进行进料辊控制系统分析，选择液压缸伺服控制系统近似开环传递函数，搭建误差反馈模型如图 2-33 所示；



图 2-33 搭建误差反馈模型

步骤 24 断开反馈连线，得到系统开环单位阶跃响应曲线，观察图 2-34 的响应曲线，得出观察结论可见系统未引入 *PID* 控制器时得到的输出响应曲线调节时间过长，不符合工程实际生产要求；



图 2-34 系统开环单位阶跃响应曲

步骤 25 考虑加入 *PID* 控制器，本模块实验提供两种 *PID* 参数整定方法，分别是临界比例度法和反应曲线法，学生选取其中一种方法进行 *PID* 参数整定，查看实验原

理，学习所选方法参数整定过程；

步骤 26 以选择临界比例度法为例，使用临界比例度法进行参数整定首先需要得到临界比例度 K_{pcnt} 的值，获取系统的等幅振荡曲线，计算方法如表 2-5 所示；

表 2-5 临界比例度法计算公式

控制器	K_p	T_i	T_d
P	$0.5 K_{pcnt}$	----	----
PI	$0.45 K_{pcnt}$	$0.85 T_n$	----
PID	$0.6 K_{pcnt}$	$0.5 T_n$	$0.12 T_n$

步骤 27 系统进入 K_{pcnt} 调节界面（图 2-35），这里可以设置调节精度（1、2 和 5）， K_{pcnt} 的值从大到小（50 到 0）进行实验并观察，每次调节后响应曲线都会随之变化直到输出等幅振荡曲线为止，此时的 K_{pcnt} 即为所需的值；



图 2-35 调参界面

步骤 28 从等幅振荡曲线上读取振荡周期 T_n ，如图 2-36，点击“填表”按钮，将 K_{pcnt} 和 T_n 的值记录在实验报告中；

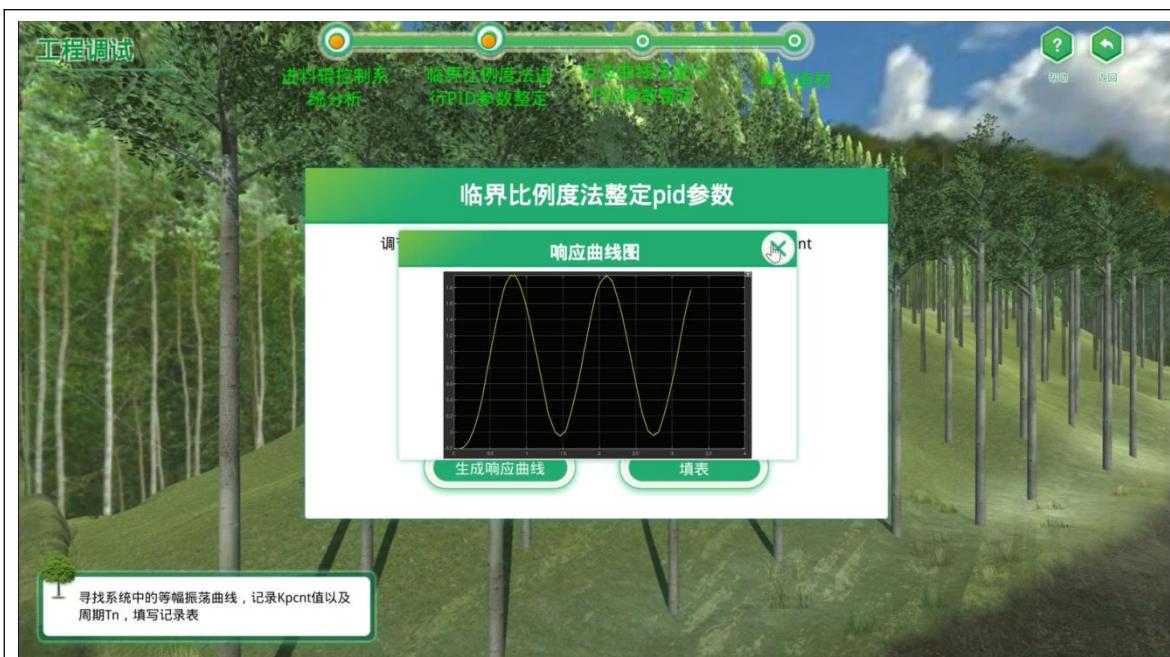


图 2-36 读取数值

步骤 29 根据 K_{pcnt} 和 T_n 的值，运用表 2-5 中的经验公式，计算出调节器各个参数 K_p 、 T_i 和 T_d 的值 ($P=K_P$, $I=1/T_I$, $D=TD$)，填写表 2-6 参数。

表 2-6 不同类型控制器的 PID 参数

控制器类型	K_p	T_i	T_d
P		∞	0
PI			0
PID			

步骤 30 得到的三组数据，分别绘系统在 P 、 PI 、 PID 控制下的响应曲线，如图 2-37 所示，每个曲线下有四个性能指标：调节时间和超调量及上升时间和峰值时间。曲线右侧有该控制下的进料辊进料动画。点击“P”方法，绘制系统在 P 控制下的响应曲线，系统记录此时的响应曲线和四个性能指标；



图 2-37 临界比例度法调参界面

步骤 31 点击“PI”方法，绘制系统在 PI 控制下的响应曲线，系统记录此时的响应曲线和四个性能指标；

步骤 32 点击“PID”方法，绘制系统在 PID 控制下的响应曲线，系统记录此时的响应曲线和四个性能指标；

步骤 33 临界比例度法在不同控制器下的响应曲线的性能比较，如表 2-7 所示，可以看出，PI 控制相对于 P 控制超调较小，PID 控制调节时间最短，但是超调会变大，综合以上因素及进料辊工作效率，选取 PID 控制性能最佳。

表 2-7 临界比例度法在不同控制器下的性能指标

控制器类型	调节时间 $T_s(s)$	上升时间 $T_r(s)$	峰值时间 $T_p(s)$	超调量 $\delta\%$
P	7.725	0.35	0.947	55.469
PI	7.957	0.389	1.003	42.143
PID	3.475	0.289	0.769	48.507

步骤 34 系统弹出对话框，可选取反应曲线法继续进行 PID 参数整定，也可以直接开始再次造材。选取反应曲线法进行 PID 参数整定继续步骤 35，如果学生选取再次造材跳到步骤 43；

步骤 35 如果学生选取反应曲线法进行 PID 参数整定，首先对该方法原理进行详细介绍，然后以表格形式给出该方法在 P、PI、PID 控制下的 P、I、D 参数计算公式；

步骤 36 通过所给控制系统的开环传递函数求出控制对象开环阶跃响应曲线，如下图 2-38 所示；



图 2-38 控制对象开环阶跃响应曲线

步骤 37 根据开环阶跃响应曲线求取并记录被控制对象的动态特性参数 K 、 L 、 T ，由图 2-39 可知等效滞后时间 $L=0.293s$ ，等效时间常数 $T=2.24-0.293=1.947s$ ， $K=0.6667$ ；



图 2-39 求取数值

步骤 38 根据 K 、 L 、 T 的值，运用表 2-2 中的经验公式，计算出调节器各个参数 K_p 、 T_i 和 T_d 的值 ($P=K_p$ ， $I=1/T_i$ ， $D=T_d$) 填写表 2-8 内数据；

表 2-8 不同控制器下的 PID 参数

控制器类型	K_p	T_i	T_d
P			
PI			
PID			

步骤 39 由上面得到的三组数据，分别绘系统在 P 、 PI 、 PID 控制下的响应曲线，如图 2-40 所示，每个曲线下有四个性能指标：调节时间、超调量、上升时间和峰值时间。曲线右侧有该控制下的进料辊进料动画。点击“P”方法，绘制系统在 P 控制下的响应曲线，系统记录此时的响应曲线和四个性能指标；



图 2-40 反应曲线法调参界面

步骤 40 点击“PI”方法，绘制系统在 PI 控制下的响应曲线，系统记录此时的响应曲线和四个性能指标；

步骤 41 点击“PID”方法，绘制系统在 PID 控制下的响应曲线，系统记录此时的响应曲线和四个性能指标；

步骤 42 反应曲线法在不同控制器下响应曲线的性能比较如表 2-9 所示，可以看出， PI 控制相对于 P 控制超调较小， PID 控制调节时间最短，但是超调会变大，综合以上因素及进料辊工作效率，选取 PID 控制性能最佳；

表 2-9 反应曲线法在不同控制器下的性能指标

控制器类型	调节时间 $T_s(s)$	上升时间 $T_r(s)$	峰值时间 $T_p(s)$	超调量 $\delta\%$
P	8.291	0.341	0.941	57.937
PI	8.328	0.383	1.005	40.141
PID	4.97	0.282	0.774	57.937

补充：在临界比例度法求取 K_{pcnt} 时，根据等幅振荡曲线所得的 K_{pcnt} 值并不唯一，实验发现当 K_{pcnt} 取 18,19,20 这 3 个数时，曲线形状相似，都很接近等幅振荡的临

界状态，但是仔细观察发现只有当 K_{pcnt} 取 19 时曲线才最接近等幅震荡，但是如果学生由于粗心误选 K_{pcnt} 为 18 或者 20，那么他将会算出与之前不同的 PID 参数，系统仍然会将这些参数对应的曲线和性能指标输出，但是由于其性能指标不同，系统在给该部分打分时将给予不同分数。

下面 3 个表格（表 2-10、表 2-11、表 2-12）分别是当 K_{pcnt} 取 18、19、20 这三个数时，不同控制器下系统的性能指标

表 2-10 K_{pcnt} 取 18 时系统的性能指标

控制器类型	调节时间 T_s (s)	上升时间 T_r (s)	峰值时间 T_p (s)
P	8.232	0.3598	0.954
PI	7.788	0.4055	1.010
PID	3.809	0.3003	0.803

表 2-11 K_{pcnt} 取 19 时系统的性能指标

控制器类型	调节时间 T_s (s)	上升时间 T_r (s)	峰值时间 T_p (s)
P	7.725	0.35	0.947
PI	7.957	0.389	1.003
PID	3.475	0.289	0.769

表 2-12 K_{pcnt} 取 20 时系统的性能指标

控制器类型	调节时间 T_s (s)	上升时间 T_r (s)	峰值时间 T_p (s)
P	8.19	0.3407	0.940
PI	7.963	0.3784	0.996
PID	4.07	0.28216	0.769

可见，当 K_m 在 18 到 20 之间，虽然当 $K_m=19$ 时，系统在 PID 控制下的调节时间最快，但是总体来看系统的动态性能指标相近，因此学生选取 K_m 为 18 和 20 时也可以分别获得该部分 90%和 85%的分数。

步骤 43 再次造材，并观察数据是否达到设定造材要求；

选择经实验分析得到的 PID 参数，进料辊控制系统经校正后再次进行造材，进入此步骤后，首先进入采伐头控制器界面，点击引入 PID 控制器并填写所选方法实验得到调参数据，其他参数不变，如图 2-41。学生在皆伐区域选取胸径约为 350mm 的树木，选取 5 到 10 棵树后（如果学生现在了采伐机无法进行采伐作业的树木，如该树木在陡坡或者植株密度较大的地方，系统会提示“该树木不可被伐木机采伐”）系统自动将树木进行采伐并造材，然后生成造材表格，造材参数满足实验要求，完成实验，如图 2-42 所示：



图 2-41 引入 PID 控制器的采伐头控制器界面

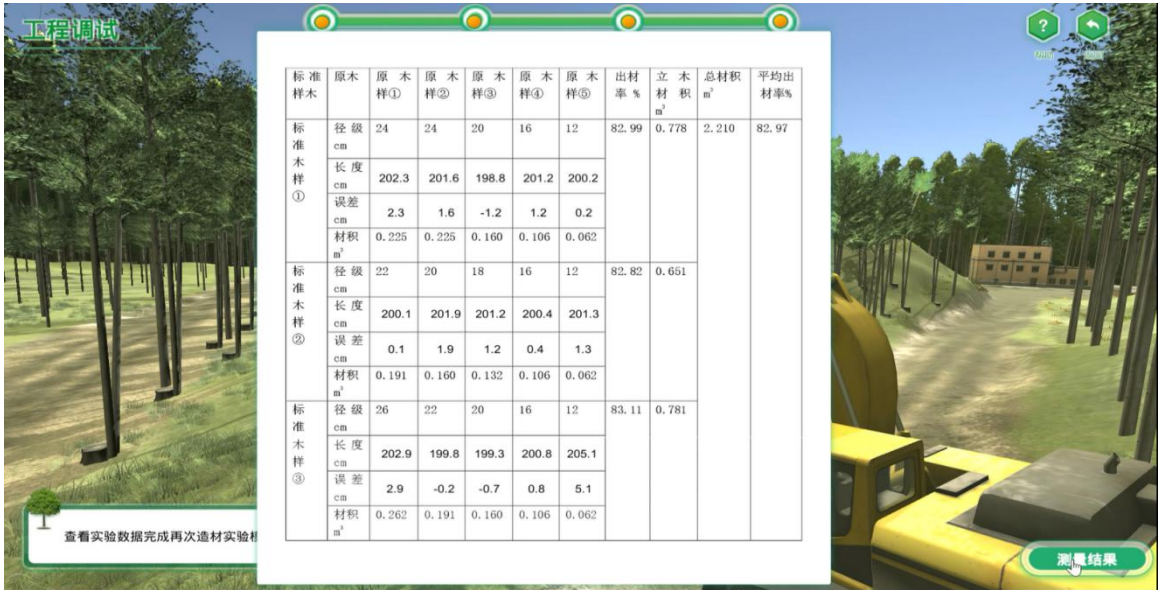


图 2-42 再次生成造材表

步骤 44 开展理论考核，下翻网页，找到实验报告内容并完成实验报告的理论考核部分，如图 2-43 所示；

北京林业大学 管理室

2019-09-20 19:33:14 您的位置: 实验操作

三、实验成绩汇总表及评分细则

实验模块	考核环节	考核内容	评分细则	得分
认知培训 (15%)	环境认知 (1%)	了解人工按树林林区环境	1	1
	安全认知 (2%)	掌握林区生产安全知识和设备安全操作规范	2	2
	设备认知 (1%)	了解各林区作业设备的关键参数	1	1
	作业认知 (1%)	熟悉抚育采伐作业内容和机器设备的操作说明	1	1
	试采考核 (10%)	采伐头控制界面参数选取	2	0
		调整采伐机完成树木的采伐	4	4
选择合适的树木方向并倒木		2	2	
工艺作业 (25%)	完成整修树的定长造材作业	2	2	
	设备选择 (6%)	至少选或描述一台扣1分, 不选不得分	6	0
	渣料处理 (2%)	清除林道或者幼苗林的渣木和渣草	2	2
	采伐作业 (4%)	调整采伐机到达指定区域完成对树木的采伐	4	4
	定长造材 (5%)	完成整修树的定长造材和打枝作业	5	5
	油脂作业 (2%)	在机器无法到达的地方使用油脂进行采伐作业	2	2
	生物质收集 (2%)	抓取渣木枝丫至地斗, 运往粉碎机粉碎	2	2
	集材归槽 (2%)	使用集材运输机收集集材并运往槽厂归槽	2	2
	木材测量 (2%)	掌握测量原木长度和检尺的方法	2	2
	模型搭建 (5%)	根据物料输送系统分析搭建环境控制模型	3	0
工程整定 (40%)	根据系统的开环传递函数搭建simulink模型	2	2	
	给出正确的增益和积分算出正确的K、T、I值	12	6	
	工程调参 (30%)	根据经验公式计算出不同控制限下的PID参数	12	6
	观察阶跃曲线和性能指标调整最佳控制器	6	6	
	再次造材 (5%)	进料控制系统经PID校正后再次进行造材作业	5	5
理论考核 (20%)	理论考核 (20%)	掌握森林抚育采伐作业和PID控制相关知识	20	15
总分 (100%)	总分 (100%)		100	72

实验报告 实验台 实验报告 返回顶部

返回桌布

暂存 提交 取消

图 2-43 实验报告内容

步骤 45 点击提交按钮, 系统自动记录实验过程 (数据、表格、曲线等) 生成完整实验报告, 等待教师批阅, 实验结束。

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: 无

2-10 考核要求

本实验项目旨在培养学生对林业抚育作业装备操作、工艺及解决工程实际问题为目标, 以信息化教学管理共享平台为载体, 采用多维度、多元化的考核方法对学生进行全方位、系统的考核与评价。

本实验项目分为练习模式和实验报告。练习模式包括认知模块、作业模块、实验模块三部分内容, 考核模式为林业抚育采伐作业关键技术综合应用。实验成绩的计算办法: 认知模块模式成绩×15%+作业模块×25%+实验模块×40%+实验报告×20%。具体考核要求见附表 2-13。

表 2-13 实验评分细则

实验模块	考核环节	考核内容	评分细则	
认知培训 (15%)	环境认知 (1%)	了解人工桉树林林区环境	1	
	安全认知 (2%)	掌握林区生产安全知识和设备安全操作规范	2	
	设备认知 (1%)	了解各林区作业设备的关键参数	1	
	作业认知 (1%)	熟悉抚育采伐作业内容和机器设备的操作说明	1	
	试采考核 (10%)	采伐头控制界面参数选取		2
		驾驶采伐机完成树木的采伐		4
		选择合适的倒木方向并倒木		2
		完成整颗树的定长造材作业		2
工艺作业 (25%)	设备选择 (6%)	每少选或错选一台扣 1 分，不选不得分	6	
	清林割灌 (2%)	清除林道或者幼苗林的灌木和杂草	2	
	采伐作业 (4%)	驾驶采伐机到达指定区域完成树木的采伐	4	
	定长造材 (5%)	完成整颗树的定长造材和打枝作业	5	
	油锯作业 (2%)	在机器无法到达的地方使用油锯进行采伐作业	2	
	生物质收集 (2%)	抓取灌木枝丫至拖斗，运往粉碎站粉碎	2	
	集材归楞 (2%)	使用集材运输机收集木材并运往楞场归楞	2	
	木材测量 (2%)	掌握测量原木检尺径和检尺长的方法	2	
工程整定 (40%)	模型搭建 (5%)	根据进料辊控制系统分析搭建闭环反馈模型	3	
		根据所给的开环传递函数搭建模型	2	
	工程调参	调出正确的 K 和 T 值；	12	

		(30%)	计算出正确的 K、T、L 值	
			根据经验公式计算出不同控制器下的 PID 参数	12
			观察响应曲线和性能指标选取最佳控制器	6
		再次造材 (5%)	进料控制系统经 PID 校正后再次进行造材作业	5
	理论考核 (20%)	理论考核 (20%)	掌握森林抚育采伐作业和 PID 控制相关理论知识点	20
	总分 (100%)	总分 (100%)	100	

2-11 面向学生要求

1. 专业与年级要求

虚拟仿真实验可以服务于林业工程类、林学类、草学类、林业经济管理类等多个专业，可以进行林业生产认知、林业装备结构与控制、林业作业认知与实践方面的实践与实验，涉及课程有《林业与园林机械》、《制材学》等课程，也可以为林业装备研究与开发，林业与园林机械装备的使用技能培训提供条件。

认知类实践课程可以面向工科类专业各年级，专业实践教学面向林业工程类相关专业大学本科三、四年级。

2. 基本知识和能力要求

仿真实验要求学生掌握基本的计算机操作技能，有基本的工程数学基础和数据分析能力；

要求学生有基本的林业工程专业知识，掌握林业与园林机械的课程理论知识。

实验要求有基本的工程基础知识，对林业与林业工程有基本的认知。

2-12 实验项目应用及共享情况

- (1) 本校上线时间：2018.09.01
- (2) 已服务过的本校学生人数：328

序号	实验名称	提交时间	提交人	得分	提交到实验空间	是否已修改	复评	评价	操作
1	人工神经网络作业及器材控制	2018-4-15 12:33:32	张耀月	91	该实验未在实验空间展示	已修改	☆☆☆☆☆	未评价	批改
2	人工神经网络作业及器材控制	2018-4-15 10:17:14	张耀月	88	该实验未在实验空间展示	已修改	☆☆☆☆☆	未评价	批改
3	人工神经网络作业及器材控制	2018-4-15 9:55:15	李慧萍	90	该实验未在实验空间展示	已修改	☆☆☆☆☆	未评价	批改
4	人工神经网络作业及器材控制	2018-4-14 19:40:03	王慧萍	65	该实验未在实验空间展示	已修改	☆☆☆☆☆	未评价	批改
5	人工神经网络作业及器材控制	2018-4-14 17:19:24	卢秋凯	86	该实验未在实验空间展示	已修改	☆☆☆☆☆	未评价	批改
6	人工神经网络作业及器材控制	2018-4-14 11:23:39	郑德刚	66	该实验未在实验空间展示	已修改	☆☆☆☆☆	未评价	批改
7	人工神经网络作业及器材控制	2018-4-13 18:01:32	王瑞麟	62	该实验未在实验空间展示	已修改	☆☆☆☆☆	未评价	批改
8	人工神经网络作业及器材控制	2018-4-13 13:36:17	倪英泽	96	该实验未在实验空间展示	已修改	☆☆☆☆☆	未评价	批改
9	人工神经网络作业及器材控制	2018-4-13 12:02:53	李斌	63	该实验未在实验空间展示	已修改	☆☆☆☆☆	未评价	批改
10	人工神经网络作业及器材控制	2018-4-12 18:27:30	魏玉新	92	该实验未在实验空间展示	已修改	☆☆☆☆☆	未评价	批改
11	人工神经网络作业及器材控制	2018-4-12 15:34:12	樊秋霞	79	该实验未在实验空间展示	已修改	☆☆☆☆☆	未评价	批改
12	人工神经网络作业及器材控制	2018-4-12 11:08:39	潘洪霞	96	该实验未在实验空间展示	已修改	☆☆☆☆☆	未评价	批改
13	人工神经网络作业及器材控制	2018-4-12 11:06:36	郭俊	74	该实验未在实验空间展示	已修改	☆☆☆☆☆	未评价	批改
14	人工神经网络作业及器材控制	2018-4-12 10:49:21	张鹏飞	77	该实验未在实验空间展示	已修改	☆☆☆☆☆	未评价	批改
15	人工神经网络作业及器材控制	2018-4-11 22:03:10	王宇鹏	62	该实验未在实验空间展示	已修改	☆☆☆☆☆	未评价	批改

图 2-44 2018 年学生线上实验情况

序号	实验名称	提交时间	提交人	得分	提交到实验空间	是否已修改	复评	评价	操作
1	人工神经网络作业及器材控制	2019-4-15 12:33:32	张耀月	91	该实验未在实验空间展示	已修改	☆☆☆☆☆	未评价	批改
2	人工神经网络作业及器材控制	2018-4-15 10:17:14	张耀月	88	该实验未在实验空间展示	已修改	☆☆☆☆☆	未评价	批改
3	人工神经网络作业及器材控制	2018-4-15 9:55:15	李慧萍	90	该实验未在实验空间展示	已修改	☆☆☆☆☆	未评价	批改
4	人工神经网络作业及器材控制	2018-4-14 19:40:03	王慧萍	65	该实验未在实验空间展示	已修改	☆☆☆☆☆	未评价	批改
5	人工神经网络作业及器材控制	2018-4-14 17:19:24	卢秋凯	86	该实验未在实验空间展示	已修改	☆☆☆☆☆	未评价	批改
6	人工神经网络作业及器材控制	2018-4-14 11:23:39	郑德刚	66	该实验未在实验空间展示	已修改	☆☆☆☆☆	未评价	批改
7	人工神经网络作业及器材控制	2018-4-13 18:01:32	王瑞麟	62	该实验未在实验空间展示	已修改	☆☆☆☆☆	未评价	批改
8	人工神经网络作业及器材控制	2018-4-13 13:36:17	倪英泽	96	该实验未在实验空间展示	已修改	☆☆☆☆☆	未评价	批改
9	人工神经网络作业及器材控制	2018-4-13 12:02:53	李斌	63	该实验未在实验空间展示	已修改	☆☆☆☆☆	未评价	批改
10	人工神经网络作业及器材控制	2018-4-12 18:27:30	魏玉新	92	该实验未在实验空间展示	已修改	☆☆☆☆☆	未评价	批改
11	人工神经网络作业及器材控制	2018-4-12 15:34:12	樊秋霞	79	该实验未在实验空间展示	已修改	☆☆☆☆☆	未评价	批改
12	人工神经网络作业及器材控制	2018-4-12 11:08:39	潘洪霞	96	该实验未在实验空间展示	已修改	☆☆☆☆☆	未评价	批改
13	人工神经网络作业及器材控制	2018-4-12 11:06:36	郭俊	74	该实验未在实验空间展示	已修改	☆☆☆☆☆	未评价	批改
14	人工神经网络作业及器材控制	2018-4-12 10:49:21	张鹏飞	77	该实验未在实验空间展示	已修改	☆☆☆☆☆	未评价	批改
15	人工神经网络作业及器材控制	2018-4-11 22:03:10	王宇鹏	62	该实验未在实验空间展示	已修改	☆☆☆☆☆	未评价	批改

图 2-45 2019 年学生线上实验情况

- (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) 教学大纲和教学计划见附件
- (4) 是否面向社会提供服务：是 否
- (5) 社会开放时间：2018.10.12，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://linye.bjfu.owvlab.net/virexp/wycf>

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，即可进入下一个预约队列。如图 3-1 所示。

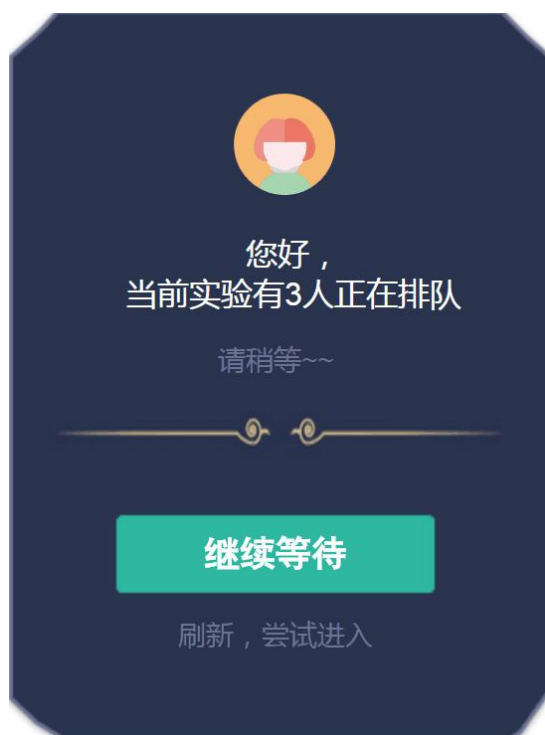


图 3-1 队列等待

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

Windows7 及以上 64 位操作系统

(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

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

插件名称：

插件容量：

下载链接：

(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）

1) 浏览器支持：Firefox 64 位版本

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

用户硬件配置要求如表 3-1。

表 3-1 计算机硬件配置要求表

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
	浏览器： Chrome、Firefox 等

(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>系统架构图及 简要说明</p>	<p>人工林抚育采伐作业及进料控制虚拟仿真实验项目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。</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>总体架构图如下：</p> <p>应用层：人工林抚育采伐作业及造材控制虚拟仿真实验</p> <p>仿真层： <ul style="list-style-type: none"> 可视化：虚拟仪器、图形绘制 建模与装配：场景构建、构件建模、构件装配 仿真分析器 </p> <p>通用服务层：开放式虚拟仿真实验教学管理平台 <ul style="list-style-type: none"> 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 实验结果自动批改、实验报告管理、教学效果评估、互动交流、项目开放共享、集成接口工具 </p> <p>支撑层： <ul style="list-style-type: none"> 安全管理：身份认证、认证中心、容器和服务安全、访问控制 服务容器：服务部署、服务监控、服务批处理、服务通知 数据管理：数据访问、数据缓存、数据转换 域管理：监控分析、日志统计、系统管理 </p> <p>数据层：用户信息、课程库、典型实验库、基础元件库、规则库、标准答案库、实验数据</p> <p>图 4-1 系统总体架构图</p> <p>如图 4-1 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</p>

功能。

(1) 数据层

人工林抚育采伐作业及进料控制虚拟仿真实验项目设计到多组类型虚拟实验组件及数据，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。

(2) 支撑层

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。

(3) 通用服务层

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、互动交流、实验报告管理、教学效果评、项目开放与共等，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。

(4) 仿真层

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。

(5) 应用层

基于底层的的服务，最终人工林抚育采伐作业及进料控制虚拟仿真实验项目教学与开放共享。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。

实验教学 项目	开发 技术	<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 <input checked="" type="checkbox"/> HTML5 其他 <u>WebGL</u>
	开发 工具	<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>
	运行 环境	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> 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> 数据库 <input checked="" type="checkbox"/> Mysql <input type="checkbox"/> SQL Server <input type="checkbox"/> Oracle 其他 <u> </u> 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） <u> </u>
	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） 单场景模型总数：1240000 面 贴图分辨率：1024*1024 显示帧率：高于每秒 30 帧 刷新率：高于 30Hz 正常分辨率 960*540

5. 实验教学项目特色

一、必要性与先进性

1. 必要性

森林抚育是提高森林质量的重要环节，我国人工林面积世界第一，但是人工林质量比较差，单位面积的木材蓄积量只有林业先进国家的四分之一。对人工林进行抚育采伐是提高单位面积木材蓄积量、改善森林质量的重要工序，意义十分重要。抚育采伐作业中，机械化是必不可少的。但是，林业抚育采伐装备属于林业工程中特种大型机械、实际操作涉及高危、林区环境复杂，作业对象不可重复；作业林区远离城市，学生实习成本高，消耗大，很难开展现场教学。本实验通过对林木联合采伐机抚育场景三维真实再现及模拟环境下的各种虚拟仿真实验，充分调动学生参与实验的积极性和主动性，以培养学生动手能力和创新精神。实验项目很好地解决了我国林业工程类课程生产实际场景难开展的问题，为人工林抚育采伐及造材控制虚拟仿真实验教学和行业培训提供了一条可行、有效的解决途径。

同时，人工林抚育采伐作业需要对林业工人进行培训，采伐工人以及设备研发企业和机构也需要理解和认知森林抚育采伐的工艺和技术。本虚拟实验项目可为行业技术培训和产品开发提供支撑。

2. 先进性

首先，理念先进。实验内容模块化设计，“面向行业—面向工艺—面向工程”的建设思路开展，实验过程以工程教育认证为标准的培养学生解决复杂工程问题能力。整体实验设计所有环节均留有标准模块接口以便后续加入新型林业装备，方便再开发和升级。引入课程思政进入虚拟仿真实验课程，引导学生体会林区艰苦作业环境，并使学生直观接触我国现代林业机械装备的发展，激发学生到祖国需要的地方建功立业，为国家生态文明建设服务。

其次，技术先进。本项目综合运用机械学、控制理论、林学、森林工程等多学科的研究成果。在 360 度全景拍摄的基础上创建了人工林抚育采伐工艺的整体虚拟场景，运用三维建模、动画等技术手段，高度仿真了抚育采伐工艺的割灌、抚育间伐、皆伐、集材、生物质粉碎等全过程，使实验场景和实验对象更直观形象；将林业抚育采伐问题落实到工程实践问题中，仿真了工程实际中林业装备 PID 参数整定的全过程；通过键盘和鼠标使实验者双手在虚拟场景中操作，让学生如同亲临实境，感受互动。我校拥有该软件的自主知识产权。

二、教学方法创新

1. 多技术融合：本实验基于网络平台实时在线开展，依托互联网、人机交互、数据库、通讯、虚实结合等技术，构建了高度仿真的虚拟实验环境和实验对象，

学生在虚拟环境中开展仿真实验，进而达到教学大纲所要求的目标。

2.“线上线下相结合”：建设与本实验项目配套的林业抚育采伐仿真作业实验室，可开展线上虚拟仿真实验后的线下虚实结合实验。线下实验中，以六自由度实物平台和环幕投影构成虚实结合的作业环境，模拟林业机械装备在林区行走，利用沉浸式教学手段，使得学生更能切身感受林区作业的过程。

3.混合现实技术：为增加虚拟仿真的高度沉浸感受，本项目开发了独有的基于混合现实的林业抚育采伐装备认知实验，购置 HoloLens 混合现实眼镜，以最先进的虚拟手段来不断丰富虚拟仿真教学的深度和广度。

三、评价体系创新

1.纠错与反馈

在项目的规范练习环节，操作错误时系统会自动提示和纠错；自主设计实验，系统全程自动记录实验过程与操作步骤，学生能够追溯回看自己的操作记录，促使学生养成规范练习和主动思考的学习习惯。

2.评价与反思

实验项目所依附的实验平台可以自动收集学生实验前的理论测试结果、实验中操作统计数据 and 实验报告等，进行统计分析，对学生在实验操作、学习效果、操作规范等方面综合评价，以便教师进一步改善虚拟仿真实验，提高实验教学质量。系统对操作次数、操作时间、交互操作要点等进行多维度考核，并同步“作业与习题”对学生理论知识进行考核，形成理论与实验相结合、过程性和终结性评价相融合的综合评价体系。

四、对传统教学的延伸与拓展

1.延伸了实验内容的深度、广度和实验空间

传统的实验以观看装备作业视频为主，本虚拟仿真实验可以使学生沉浸与虚拟环境中，实现作业的人机交互，提高学生的兴趣和知识获得感。在原来以理论讲授为主的 PID 控制教学基础上，结合虚拟控制，实现反复控制设计，深刻理解理论知识和应用技术。是以传统实验教学为理论基础的,是对传统实验教学的完善、扩展和提升。

2.拓展了共享与辐射的范围

该项目不仅供本校学生使用，还与国家林业局北京林业机械研究所、绿友集团、中国福马机械有限公司、江西环境工职业技术学院等 5 所科研院所和企业共享，为提升专业技术人才培养能力提供了丰富的资源。面向社会开放运行，为林业装备和相关专业培训提供了平台，也辐射带动了林业工程行业的发展，产生一定的社会效益。

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:

持续建设具有机电工科特色的林业抚育采伐相关实验项目,未来 3 年计划配套项目具体建设如表 6-1 所示,总计预算 120 万元,将本项目不断完善建设,并在全国林业工程相关高校和企业进行推广和示范。

在 VR 的技术上,结合 AR 和 MR 相关技术,不断丰富虚拟仿真手段,提升实验操作和展示效果。与林业装备行业龙头企业、虚拟仿真实验开发企业等不断合作开发林业抚育采伐一体虚拟仿真实验,开发前沿性实验项目,满足更大用户访问,增强平台共享能力和稳定性。

表 6-1 后续经费投入计划

序号	建设内容	经费投入 (万元)	经费来源
1	建设机电液林业抚育采伐装备与控制仿真实验	60	校双一流本科建设经费
2	虚拟实验持续优化	10	本科教学专项经费
3	补充更新实验教学数据和案例	20	校双一流本科建设经费
4	AR 林业抚育采伐实验	30	校双一流本科建设经费

2. 面向高校的教学推广应用计划:

第一,不断加强建设,满足全国林业院校的林业工程相关课程需求:结合其他林业院校的需求,不断开发、完善和扩充内容,与本科教学不断深入融合,增加 20-25 学时虚拟仿真实验课程,建设完成含有机电液林业抚育采伐装备与控制系统的虚拟仿真实验教学体系。

第二,在满足本科专业需求的基础上,拓展推广学科应用:面向林业工程、机械设计制造与自动化、自动化等专业以及其他涉及林业工程专业,通过虚拟仿真实验掌握森林工程、机电设计相关知识,以本科人才培养为主,推广到林业工程学科相关的实践教学。

第三,满足时间需求:虚拟仿真实验中心每周 7×24 小时面向全国开放。

第四,满足学生需求:目前可满足同时 500 名同学同时开展线上实验,不断辐射其他院校、提高项目的使用率。

3. 面向社会的推广应用计划:

本项目具有 100%自主知识产权,通过网站向全社会开放。在未来通过主办学术会议、论坛等形式,与校内外兄弟院校和行业企业交流学习,进行虚拟仿真实验资源建设思路、经验和成果共享。不断推进林业工程领域与新工科、人工智能、大数据等领域深度融合,以研促教,以产促教,为行业培养全面综合素质人才服务。

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	人工林抚育采伐作业及造材控制虚拟仿真实验平台
是否与项目名称一致	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
著作权人	北京林业大学
权利范围	全部
登记号	2019SR0889606

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。）

内容见附件

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。）

内容见附件

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

《林业与园林机械》

Machinery for Forestry and Horticulture

学时数：总学时 24（讲课 20、实验 4）

学分数：1.5

主讲教师：袁湘月，王东林

编写日期：2017 年 3 月

一、课程性质和任务

课程性质：《林业与园林机械》是北京林业大学涉林涉草专业特色课程，特别是面向林学类、林业工程类、草学类、林业经济管理类专业开设。课程主要讲解林业生产过程和园林绿化过程所涉及的工艺流程及相应生产设备，具有鲜明的林业特色。通过该课程的理论学习，学生能了解木材的生产培育加工流程，了解相应的机械设备类型、主要功能、工作原理及关键部位构造等；利用虚拟仿真平台的认知实验，使学生在实验室能切身体验林区的艰苦作业环境，从多维角度去认识作业装备的机械结构，并学习木材加工的基本操作及控制方法。该课程的开设，可为本专业的学生未来服务林业草业奠定理论基础。

二、课程目标

该课程要求学生了解林木从种子采集处理、苗圃育苗、林地造林、造林后的森林抚育、病虫害防治、防火、木材生产等林业生产工艺过程，对相应用到的林业机械设备以及城镇草坪、绿地建植、草坪养护、乔灌木修剪等用到的园林机械的特殊功能及其关键构造也要有一定的认知。具体课程目标为：

课程目标 1：了解林业与园林机械的作业环境、作业对象和为适应环境、满足作业要求而制定的特殊生产工艺及相应机械设备的特殊设计；了解、掌握针对不同作业对象作业执行机构的结构、工作原理及特殊要求等基本知识。

课程目标 2：根据木材生产、园林绿化的作业要求，学习和掌握在作业过程中末端执行机构的工作原理、构造以及基本的操控机理，使学生具备一定的机电一体化知识储备。

课程目标 3：通过虚拟仿真平台，对具体林区环境、林区安全知识、林业与园林机械的具体结构有全面的认识，并学习木材生产的工艺过程及相应机械设备的操作，使学生直观体验林业、园林机械实现其功能的结构和特点，切身感受林区艰苦作业环境及林区作业人员的辛苦和不易，明确自己的责任与义务，增强使命感，使之更好的投入到林区服务中去。



三、课程目标对毕业要求的支撑

表 1 课程目标对毕业要求的支撑关系

课程目标	支撑的毕业要求	课程目标支撑的毕业要求指标点
课程目标 1 课程目标 3	6.工程与社会	6.2 能够正确评价一般机械工程以及林业机械工程新产品新技术的研究开发及产业化应用对国家、社会、健康、安全、法律以及文化的影响，并理解应承担的责任。
课程目标 1 课程目标 2	7.环境和可持续发展	7.1 能够了解机械设计与制造，机电产品研发在环境保护和社会可持续发展方面的意义。

四、教学内容、学时分配、基本要求及其对目标的支撑

教学中根据教学目标对教学内容进行设计，教学内容与教学要求体现对课程目标的支撑。

本门课课堂教学内容与教学要求如表 2 所示，仿真认知实验要求如表 3 所示。

表 2 课堂教学内容与要求

教学内容		教学要求	学时安排	对课程目标的支撑
1、绪论	1) 课程主要内容 2) 发展历史、现状和发展趋势	对林业与园林机械的作业条件、范围有一个感性的认识 and 了解。	理论 2 学时	1、2
2、营林机械	以林业生产工序为主线，讲解从种子采收、处理、育苗、造林到抚育等工艺过程以及所涉及的机械设备。	了解林业作业对这些机械设备的作业要求、作业对象、运行环境，掌握应用于不同林业生产工序的机械设备的结构特点及特殊功能及作业过程基本的操作方法。	理论 6 学时	1、2
3、木材生产机械	从木材生产的种类和特点出发，分析木材生产与其它工、农业生产的不同，以木材生产工艺为序，了解木材生产机械和设备的结构特点，以典型切削设备为对象，剖析木材切削的特性。	掌握木材切削与其它切削加工的不同。通过图片和影像资料让学生了解木材生产机械和设备的应用、研究的现状。	理论 6 学时	1、2



4、园林机械	园林养护的工艺过程以及相应设备工作原理、结构、使用操作方法,对园林养护设备的环保要求、园林机械的噪声来源,建噪声对环境、人体健康的危害,环境噪声、设备噪声的测试方法。	了解应用于园林养护的工序以及相应设备的工作原理、结构、使用操作方法,同时了解对园林养护设备的环保要求、园林机械的噪声来源,建立噪声对环境、人体健康的危害概念,掌握环境噪声、设备噪声的测试方法。	理论 6 学时	1、2
5、虚拟仿真认知实验	利用虚拟仿真平台对林区作业环境、作业机械进行认知实验;对木材生产进料过程进行 PID 控制实验。	通过虚拟仿真实验,使学生更直观的感受林区作业环境及作业机械,认识到自己的责任与任务,更好的服务于林区。	实验 4 学时	3

表 3 仿真认知实验内容与要求

项目内容	项目要求	进度安排	对毕业要求指标点的支撑
1.林区作业环境认知 2.木材生产机械结构认知 3.木材生产工艺过程认知 4.安全知识认知 5.木材生产机械基本操作实验 6.原条造材 PID 控制实验	要求学生分组进行,每组 4-5 人,组内成员协商分工,分别负责如下工作内容: 1) 学习林区作业的安全知识及采伐作业环境的基本知识 2) 深入学习木材生产作业机械的基本结构及基本操作方法; 3) 掌握林区木材生产作业的具体工艺流程。 4) 了解 PID 系统的工作原理,掌握造材进料的 PID 参数调节方法。 5) 将以上内容整理后形成实验报告上交。	新学期开课即布置实验内容,由学生自行分组,到虚拟仿真实验室预约实验时间。实验成绩从虚拟仿真实验室内的表现及实验报告质量等方面进行考核。	6.2

五、本课程与其它课程的联系和分工

本课程为专业选修课,在此课程之前应具备工程力学、机械设计基础、木材切削原理与刀具、木工机械、电工电子技术、编程语言(如 C 语言等)、人体工程学等方面的相关知识,在本课程中由于课时有限,对上述涉及内容不再赘述。



六、课程考核方式与成绩评定办法

本课程的考核方式由实验成绩+考试两部分组成，实验成绩由学生认知情况、实验操作水平、控制实验调试、实验报告质量等组成，占总成绩的50%（认知15%+操作25%+控制40%+报告20%）；考试为笔试，题型为填空、选择、简答、综合论述四大部分组成，占总成绩的50%。

各种考核方式与比例关系，考察内容对课程目标与毕业要求的支撑如表4所示，实验成绩的评分标准如表5所示。

表4 课程考核内容与方式

课程目标	毕业要求	各部分比例关系				考试 50%	成绩 比例 (%)
		实验 50%					
		认知	基本 操作	控制 实验	实验 报告		
		15%	25%	40%	20%		
课程目标1	6.2、7.1	0	0	0	0	50	25
课程目标2	7.1	0	0	0	0	50	25
课程目标3	6.2	100	100	100	100	0	50
合计		100	100	100	100	100	100%

表5 仿真实验成绩评分标准及对课程目标与毕业要求的支撑

课程 目标	评价标准					成绩 比例	
	优秀 (≥90分)	良好 (80-89分)	中等 (70-79分)	合格 (60-69分)	不合格 (≤60)		
课程 目标 3	认知	组员分工明确，按时参加实验，实验参与性高	组员分工比较合理，能按时参加实验	组员分工一般，能按时参加实验	组员分工不明确或不合理，但都能按时参加实验	没有组员分工；或不能按时参加实验	15%
	操作	能正确操作实验设备	能比较正确操作实验设备	能操作实验设备，但有一些错误步骤	操作实验需要别人或教师辅助	或完全无法操作实验设备	25%
	控制	能正确控制造材进料过程	能比较正确的控制造材进料过程	能使用PID调节造材过程，调节过程有些费劲	在教师的辅助下能进行造材进料的控制调节	无法调节造材进料过程	40%
	报告	实验报告质量高，并按时上交	实验报告质量较高，并按时上交	实验报告质量一般，能按时上交	实验报告质量较低，能按时上交	或不能按时提交实验报告	20%



七、建议教材与教学参考书

建议教学参考书:

- 1) 《营林机械》，胡喜山编，高等教育出版社，2007年8月；
- 2) 《木材切削原理与刀具》，郭晓磊、曹平祥主编，2010年1月；
- 3) 《木材生产技术与森林环境保护》，赵康编，中国林业出版社，2016年8月；
- 4) 《现代园林机械》，王乃康、茅也冰、赵平主编，中国林业出版社，2010年；
- 5) 《木材加工工艺学》，顾炼百编，中国林业出版社，2011年6月；
- 6) 《木材加工与应用技术进展》，向仕龙，李赐生编，科学出版社，2010年9月。

执笔人：袁湘月、王东林

审核人：李艳洁

教学院长：陈劭

院学术委员会：刘晋浩

院长：李文彬



木材科学与工程专业本科培养方案

专业英文名: Wood Science and Engineering

专业代码: 082402

学科门类: 工学 (林业工程类)

设置年份: 1958 年

依托学科: 木材科学与技术学科

优势专业类型: 国家特色专业 国家综合改革试点专业 北京市特色专业

卓越农林人才培养计划改革试点专业

专业简介:

木材科学与工程专业源自 1958 年开始招生的木材机械加专业,经过多年的专业建设,于 1998 年正式以木材科学与工程专业进行招生,同时设置木材科学与工程专业(家具设计与制造方向),2008 年木材科学与工程专业被评为国家级一类特色专业建设点。木材科学与工程专业是北京林业大学历史悠久、富有特色的专业之一,是北京林业大学的校级特色专业和品牌专业,具有北京市优秀教学团队。

培养目标: 培养掌握木材及其木质复合材料的物理、化学和力学性能与加工工艺的基本理论,掌握木制产品结构设计与制造工艺基本知识和技能,具有工艺设计、产品开发与技术管理等方面能力的高级工程技术人才。

主要课程: 机械设计基础、高分子概论、木材学、工程木制材料与木结构、木材干燥学、木材保护与改性、木质环境学、木工机械、木材切削原理与刀具、胶粘剂与涂料、木制品生产工艺学、人造板工艺学、木工企业管理与法规、人体工程学、室内装饰材料与工程、家具设计、木制品计算机辅助设计等。

就业方向: 毕业生可在木材加工、家具生产和销售企业、建筑装饰公司以及相关教学和研究部门从事材料研发、技术支持、企业管理和教学、科研工作。

一、培养目标

木材科学与工程专业旨在培养具有良好科学文化素质和高度社会责任感,能较系统掌握木材科学与工程基础知识、基本理论和基本技能,富有创新意识和实践能力,能够在木质材料与应用领域从事技术研发、木材进出口贸易、产品设计、企业管理、质量监测、科研教育等工作的优秀人才。

二、培养方式

培养方式包括理论教学、实践教学、毕业论文、大学生综合素质拓展计划、专业讲座、社团活动等多种形式。

培养过程注重充分发挥教师主导,学生主体的作用,建立和完善有利于学生健康成长的培养机制。在培养过程中采用启发式、研讨式的教学方式,加强学生的自学能力、动手能力、表达能力和写作能力的训练和培养;逐步推行研究型教学,发挥学生的主动性和创新思维。

三、依托学科和专业核心课程

1. 依托学科：木材科学与技术学科
2. 专业核心课程：木材学、胶粘剂与涂料、木材干燥学、木工机械、人造板工艺学、木制品生产工艺学、木工综合实习

四、主要实践教学环节

本专业实践环节主要由实验课、课程实习、课程设计、综合实习、科研训练、毕业论文（设计）等组成。

根据培养目标要求设计实践教学环节。机械设计基础、木材切削原理与刀具和木材干燥学安排课程设计1周，目的是使学生学习常用机械机构，木材切削刀具和常规干燥室的设计规范和制图标准。木制品生产工艺学安排课程设计1周，家具设计和人造板工艺学安排课程设计（实验）2周，目的是培养学生家具结构、造型设计的能力，家具生产线和人造板生产线的工艺布置，生产能力计算和生产设备的匹配等设计能力。

木工综合实习4周安排在第六、七学期。实习主要通过参观生产企业、设计单位、木制品市场和销售企业，听取研究、设计和生产一线专家的讲座报告，以及动手实践环节等，使学生了解国内和国际木材工业发展趋势和现状，将专业课程理论联系实际、提高专业应用能力，为今后从事本专业生产、科研、管理等工作打下基础。

毕业论文（设计）选题应与专业内容紧密相关，可为企业生产实际产生的课题，也可从科研课题选择毕业设计内容，通过毕业设计培养学生深入科研、生产实践，收集加工各种信息、数据以及获取新知识的能力；提高学生综合运用所学知识和技能独立分析、解决问题的能力；树立学生的创新意识和严肃认真的科学作风。

五、毕业生应具有的知识、能力、素质

木材科学与工程专业属于工科专业，主要面向木材工业、生物质复合材料、家具制造业、建筑装饰装修、木制品经营与贸易、产品质量控制与检验等领域的企业、设计院和科研院所。学生除了应较系统地掌握木材及木质复合材料的生产技术与性能、家具及相关木制品加工等方面的基础理论与专业知识外，还应了解木材科学与工程相关领域的现代信息和管理模式，具有较强的专业综合实践能力、创新能力、设计能力与工程应用能力，能够胜任木材加工和生物质复合材料制造、材料设计、家具设计制造、工程设计、工艺与设备控制、新产品开发、企业经营管理、木制品检验、经营与贸易等方面的工作。

六、学制

学制四年。

七、毕业与学位

达到本专业培养目标及相关要求，修满本专业规定学分，毕业论文（设计）合格，准予毕业。该专业毕业生至少修满190学分，其中必修课内讲课、必修课内研讨和专业选修共133.5学分，必修实践环节44.5学分，占总学分比例23.42%。

达到授予学位条件的，授予工学学士学位。

八、专业教学计划表



木材科学与工程专业教学计划表

课程类别	课程代码	课程名称	课内学时总计	课内学时			实习实践(周)	总学分	各学期学时分配								承担单位	
				讲课	研讨	实验			一	二	三	四	五	六	七	八		
公共选修课	公共选修课分为面授课和视频课,最低选修9学分,具体要求如下: (1)面授课:每门1.5学分,最低选修6学分,分为人文科学、社会科学、数学与自然科学、艺术审美四大类,每类至少选修1门; (2)视频课:最低选修3学分,分为两类:第一类是精品在线开放课程,要求至少选修1门,课程名单及学分认定标准以相应学期公布的选课通知为准,如该类课程累计选修学分大于或等于3学分,可免修第二类视频课;第二类是学校认证的视频课,每门认定1学分。																	
	18001650	中国近现代史纲要	44	36	8	0	0.25	3	44 (0.25)									马院
	18001660	思想道德修养与法律基础	40	32	8	0	0.5	3	40 (0.5)									马院
	18001630	马克思主义基本原理概论	44	36	8	0	0.25	3				44 (0.25)						马院
	18001640	毛泽东思想和中国特色社会主义理论体系概论	64	52	12	0	1	5			64 (1.0)							马院
	18001671-6	形势与政策	48	24	12	12		3	8 [2]	8 [2]	8 [2]	8 [2]	8 [2]	8 [2]				马院
	18000211-2	大学英语	96	96	0	0		6	48	48								外语院
	17001041-4	体育	144	104	0	40		9	36 [10]	36 [10]	36 [10]	36 [10]						体育部
	15005750	管理学基础	32	28	4	0		2			32							经管院
	18000220	林学概论A	32	32	0	0		2	32									林学院
	18000250	创业基础	32	32	0	0		2					32					教务处
	英语模块课	分为中国文化、西方文化、学术英语、实用英语四个模块,每个模块选修1门课,共计8学分。	128	128	0	0		8			32	32	32	32			外语院	
暑期学期	大一至大三暑假,学生须至少选修3学分暑期学期课程。																	
学科基础教育平台(必修)	15004551-2	高等数学B	144	122	22	0		9	72	72								理学院
	15017340	无机化学	56	40	0	16		3.5	56									理学院
	15005090	工程图学D	40	26	0	14		2.5	40									工学院
	18000450	专业概论	32	30	2	0		2	32									材料院
	18001690	林业资源概论	24	16	0	8		1.5	24									材料院
	15000080	C语言	56	40	0	16		3.5		56								信息院
	15017490	物理学C	48	44	4	0		3		48								理学院
	15017530	物理学实验C	32	0	0	32		2		32								理学院
	15019320	有机化学B	48	46	2	0		3		48								理学院
	15019350	有机化学实验B	32	0	0	32		2		32								理学院

	15004980	工程力学A	56	52	0	4	3.5			56					工学院	
	15012070	热工学	40	36	2	2	2.5			40					材料院	
	15002890	电工电子技术C	48	42	0	6	3			48					工学院	
	18002020	机械设计基础A	56	48	8	0	3.5			56					工学院	
	18002030	机械设计基础A(课程设计)					1	1		(1)					工学院	
	15010930	木材切削原理与刀具	40	36	0	4	2.5			40					材料院	
	15010940	木材切削原理与刀具(课程设计)					1	1		(1)					材料院	
	15008190	家具设计	48	48	0	0	3					48			材料院	
	15008200	家具设计(课程设计)					2	2				(2)			材料院	
	15005040	工程木材料与木结构	32	26	2	4	2						32		材料院	
专业核心课(必修)	15010960	木材学A	52	52	0	0	3.25			52					材料院	
	15010980	木材学实验A	20	0	0	20	1.25			20					材料院	
	15010880	木材干燥学A	48	36	4	8	3					48			材料院	
	15010890	木材干燥学A(课程设计)					1	1				(1)			材料院	
	15008740	胶粘剂与涂料A	40	38	2	0	2.5					40			材料院	
	15008760	胶粘剂与涂料实验A	16	0	0	16	1					16			材料院	
	15011000	木工机械	56	48	0	8	3.5					56			材料院	
	15012250	人造板工艺学	56	50	6	0	3.5						56		材料院	
	15012270	人造板工艺学实验					1	1					(1)		材料院	
	15012260	人造板工艺学(课程设计)					1	1					(1)		材料院	
	15011120	木制品生产工艺学	48	42	0	6	3							48	材料院	
	15011130	木制品生产工艺学(课程设计)					1	1						(1)	材料院	
	15011041-2	木工综合实习					4	4					(2)	(2)	材料院	
	专业教育平台	材料类选修模块	15004660	高分子概论	48	36	0	12	3			48				材料院
			18000480	木质生物化学	32	32	0	0	2			32				材料院
			15022240	专业英语讲座	32	32	0	0	2			32				材料院
			15010870	木材保护与改性(双语)	32	32	0	0	2				32			材料院
			15020180	珍贵木材识别与鉴定	16	4	2	10	1				16			材料院
15000920			材料概论	32	28	4	0	2				32			材料院	
制品设计类选修模块		15008430	建筑材料学	32	28	4	0	2					32		材料院	
		18000470	木材商品流通学	32	26	2	4	2					32		材料院	
		15014070	生物质材料加工技术	32	28	4	0	2					32		材料院	
		15017280	文献检索与论文写作	16	16	0	0	1						16	材料院	
		15011080	木制品计算机辅助设计	48	24	0	24	3				48			材料院	
		15011090	木制品计算机辅助设计(实习)					1	1			(1)			材料院	
15012190	人体工程学	32	30	2	0	2				32			材料院			
15011140	木制品与互联网技术	24	24	0	0	1.5					24			材料院		

工程 类 选修 模块	15011160	木质环境学	32	28	0	4		2							32			材料院	
	15011070	木文化概论	16	16	0	0		1			16							材料院	
	15011010	木工模型制作	32	12	0	20		2							32			材料院	
	15020870	中国传统家具B	24	20	0	4		1.5							24			材料院	
	15011100	木制品清洁生产技术	32	32	0	0		2							32			材料院	
	15011110	木制品清洁生产技术 (课程设计)						1	1					(1)				材料院	
	15020710	制材学	32	24	2	6		2							32			材料院	
	15020720	制材学(课程设计)						1	1					(1)				材料院	
	15011030	木工数控机床及编程	32	22	0	10		2							32			材料院	
	15014960	室内装饰材料与工程	32	26	6	0		2							32			材料院	
	15010950	木材数字化加工技术	32	20	0	12		2							32			材料院	
	15010050	林业与园林机械	24	20	0	4		1.5							24			工学院	
	15011020	木工企业管理与法规	24	22	2	0		1.5							24			材料院	
	15012240	人造板工程设计	24	24	0	0		1.5							24			材料院	
	毕业论文(设计)								8									✓	✓
综合 拓展 环节	15012571-2	入学教育及军训						2	✓	✓									学生处
	15020701-2	志愿服务与公益劳动						2		✓	✓								材料院
	15002471-4	大学英语自主听说							✓	✓	✓	✓							外语院
	15002450	大学生素质拓展计划						3	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			校团委
	17001000	大学生科技创新							✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		材料院
	18003631-2	就业指导课程体系									✓				✓				招就处
	17000900	创新创业教育	根据《北京林业大学本科生创新创业学分管理与应用办法(试行)》执行							✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			教务处
必修课合计			1872	1518	106	248	14	131	392	420	340	264	232	144	80	0	—		
选修课合计			744	606	28	110	3	49.5	0	0	64	144	200	272	64	0	—		
必修实践环节合计			—	—	—	—	—	44.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
毕业生应取得总学分			190			公共选修课学分 9 (占总学分 4.74%)													
						通识必修课学分 46 (占总学分 24.21%)													
						暑期学期学分 3 (占总学分 1.58%)													
						学科基础教育平台学分 56 (占总学分 29.47%)													
						专业核心课学分 29 (占总学分 15.26%)													
						本专业选修课学分 ≥24 (占总学分 ≥12.63%)													
						跨专业选修课学分 ≤8 (占总学分 ≤4.21%)													
						毕业论文(设计)学分 8 (占总学分 4.21%)													
						综合拓展环节学分 7 (占总学分 3.68%)													

说明:毕业生应取得总学分中,“本专业选修课学分”与“跨专业选修课学分”之和须大于或等于32学分。

中共北京林业大学委员会

中共北京林业大学委员会

关于《人工林抚育采伐作业及造材控制虚拟仿真实验》项目及其成员政治审查情况的说明

根据北京市教委《关于开展 2019 年度国家虚拟仿真实验教学项目遴选推荐工作的通知》要求，学校党委对申报项目《人工林抚育采伐作业及造材控制虚拟仿真实验》进行了政治审查。经核查，该项目符合党的教育方针，能够积极践行社会主义核心价值观，帮助学生热爱林业，培养工程素养、工匠精神，具有正确的政治方向和价值取向。

项目成员政治审查情况如下：

李文彬，中共党员，项目负责人，政治立场坚定，树牢“四个意识”，坚定“四个自信”，做到“两个维护”，拥护党的路线方针政策，长期担任学院领导工作，为学院发展做出了突出贡献。

吴健，中共党员，学院青年教师的杰出代表，政治素养高，具有积极的奉献精神，在实践教学与实验室建设中成绩突出。

陈来荣，中共党员，北京市优秀共产党员，他工作认真负责，具有优秀的师德师风，为学院本科教学、群团工作做出了重要贡献。

刘晋浩，中共党员，学院学术带头人，政治思想、教学科研是青年教师的楷模。

阚江明，中共党员，优秀青年骨干，政治上过硬、业务上突出，承担基层党组织建设和专业建设工作。

袁湘月，中共党员，长期从事林业与园林机械课程的教学工作，政治上能够与党中央保持一致，工作兢兢业业，在机械专业建设、课程建设方面做出了重要贡献。

刘圣波，中共党员，学院青年实验室教师，政治坚定，思想纯洁，工作努力，为学院的网络管理、实验室建设与管理、实践教学贡献突出。

李宁，中共党员，长期担任实验室管理工作，政治立场坚定，行动上能够为学院人才培养、学院发展无私奉献。

王典，群众，业务突出，政治立场坚定，工作认真努力，在车辆工程专业建设、森林工程学科建设中做出了自己的贡献。

黄青青，中共党员，各方面都能够以共产党员的标准严格要求自己，工作认真努力，能够充分发挥模范带头作用。

王东林，中共党员，长期从事一线教学工作，政治立场坚定，工作认真努力，具有积极的奉献精神。

郑一力，中共党员，学院优秀青年教师，政治立场坚定、工作认真负责、乐于积极奉献。

陈劲，中共党员，长期担任学院领导工作，在学院教师队伍中有较高的威信，在实验室建设、学院管理中贡献突出。



俞国胜，中共党员，我国林业机械的知名专家、长期担任学院领导工作，政治素养高，贯彻落实党的教育方针，在人才培养与科学研究中贡献突出。

特此说明！


中共北京林业大学委员会

2019年9月5日

北京林业大学 2019 年度国家虚拟仿真实验教学项目
政审意见表（企业人员）

姓 名	王 江	性 别	男	民 族	汉
出生年月	1993.04.14	政治面貌	群众	职 务	无
工作单位	北京润尼尔网络科技有限公司		联系电话	17600109301	
项目名称	人工林抚育采伐作业及造材控制虚拟仿真实验				
本人的政治、思想、工作表现；是否有违法、违纪及违反学术规范的行为记录	本人政治立场坚定，拥护党的路线方针政策，工作认真负责，无违法、违纪、违反学术规范情况。				
本项目是否具有正确的政治方向、价值取向	本项目具有正确的政治方向与价值取向，项目设计符合党的教育方针，践行社会主义核心价值观。				
同意。					
 北京润尼尔网络科技有限公司（代章）： 签字：  2019 年 月 日					

北京林业大学 2019 年度国家虚拟仿真实验教学项目
政审意见表（企业人员）

姓 名	徐洪国	性 别	男	民 族	汉
出生年月	1993.08.29	政治面貌	群众	职 务	无
工作单位	北京润尼尔网络科技有限公司		联系电话	15210490985	
项目名称	人工林抚育采伐作业及造材控制虚拟仿真实验				
本人的政治、思想、工作表现；是否有违法、违纪及违反学术规范的行为记录	本人政治立场坚定，拥护党的路线方针政策，工作认真负责，无违法、违纪、违反学术规范情况。				
本项目是否具有正确的政治方向、价值取向	本项目具有正确的政治方向与价值取向，项目设计符合党的教育方针，践行社会主义核心价值观。				
同意。					
 北京润尼尔网络科技有限公司（盖章）： 签字：子峰 2019 年 月 日					

北京林业大学 2019 年度国家虚拟仿真实验教学项目
申报项目组成员政审意见表

姓名	张得玉	性别	男	民族	汉
出生年月	1974.03.05	政治面貌	中共党员	职务	总裁助理
工作单位	绿友机械集团股份有限公司	联系电话	13910117320		
项目名称	人工林抚育采伐作业及造材控制虚拟仿真实验				
申请人政治、思想、工作表现；是否有违法、违纪及违反学术规范的行为记录	张得玉同志政治立场坚定，拥护党的路线方针政策。新时代能够树牢“四个意识”，坚定“四个自信”，他工作认真负责，为企业发展做出了重要贡献。该同志无任何违法、违纪、违反学术规范记录。				
项目是否具有正确的政治方向、价值取向	本项目具有正确的政治方向与价值取向。项目针对于林业工程的生产实践，可以帮助企业进行员工培训，提高企业员工的工程素养。项目设计符合党的教育方针，能够积极践行社会主义核心价值观。				
单位审查意见					
同意					
单位（盖章）： 签字： 2019年9月2日					

评价意见

本单位 2018 年-2019 年利用北京林业大学虚拟教学仿真平台——人工林机械化抚育、采伐作业及造材作业控制虚拟仿真实验，对相关职工进行森林环境与林业工程装备进行 2 期共 15 人次的培训。

经过实际使用，培训老师和相关人员认为本虚拟仿真实验通过信息技术与高等教育实验教学的深度融合。

本虚拟仿真教学能够使相关研究和应用人员通过虚拟现实技术达到以下功能：（1）方便地认知林区环境，了解和掌握联合采育机、集材抓具机的结构原理；（2）方便了解其电液控制原理和设备安全操作工艺；（3）虚拟现实技术有效克服了林业工程实践面临的林区环境复杂、林业作业装备结构操控复杂等困难。

本虚拟仿真实验涵盖的知识点较为全面，系统可读性、可操作性强、虚拟环境与现实匹配性能够满足实践教学的客观需要，可以有效体现实践教学过程和教学效果。同时也为林业工程相关的院所提供学习培训的实验平台，有较高的社会服务价值，对促进我国林业工程领域的技术培训、人才培养具有较高的社会价值。

