

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	黄土高原沟道侵蚀过程与防治虚拟仿真实验
所 属 课 程 名 称	土壤侵蚀原理
所 属 专 业 代 码	水土保持与荒漠化防治 (090203)
实验教学项目负责人姓名	张志强
实验教学项目负责人电话	13910808326
有 效 链 接 网 址	http://linye.bjfu.owvlab.net/virexp/stxy

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.涉密内容不填写，有可能涉密和不宜大范围公开的内容，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	张志强	性别	男	出生年月	1967.09
学历	研究生	学位	博士	电话	010-62338097
专业技术职务	教授	行政职务	院长	手机	13910808326
院系	水土保持学院		电子邮箱	zhqzhang@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：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>1) 作为第一署名人发表教学研究论文</p> <p>[1] 张志强,王国柱,王兰珍. 研究生教育内部质量保证体系建设与实践[J]. 北京教育(高教), 2014(Z1):29-31.</p> <p>[2] 张志强,王兰珍,赛江涛,崔逸秋,赵文鹤. 美国林业硕士专业学位研究生教育的特点与启示[J]. 学位与研究生教育, 2014(06):70-77.</p> <p>[3] 张志强,王兰珍,常新华,刘翠琼,赛江涛. 以创新创业能力培养为导向,全面修订研究生培养方案——以北京林业大学为例[J]. 教育现代化, 2016,3(22):91-98.</p> <p>2) 获得的教学表彰/奖励</p> <p>[1] 2017 年,北京市教学成果奖二等奖(排名 1);</p> <p>[2] 2016 年,北京林业大学教学成果奖一等奖(排名 1)。</p> <p>3) 社会工作与兼职</p> <p>目前兼任全国林业硕士教育指导委员会委员、秘书长,北京市学位委员会委员,中国水土保持学会常务理事,中国学位与研究生教育学会常务理事;《中国水土保持科学》副主编、《中国城市林业》编委会委员、《林业科学研究》编委。发起“变化环境中的森林与水国际会议”(International Conference of Forest and Water in a Changing Environment),并一直担任科学委员会委员;发起中美碳联盟(USCCC),目前任中方主席。曾兼任国际林联 IUFRO 第八学部山地灾害协调员。作为国家林业局森林城市建设专家,参与发起 2004 年首届森林城市贵阳论坛,参与国家林业局《国家森林城市评价指标》、《森林城市建设规划导则》、《全国森林城市建设发展规划》等起草与咨询工作。</p>					

学术研究情况：

1) 承担学术研究课题

- [1] “2017 年度创新基地培育与发展专项-京津冀水土保持生态环境大数据信息平台构架体系研究”，北京市科技计划项目，2017-2018 年，主持人；
- [2] “西北黄土区防护林体系结构定向调控技术与示范”，国家科技支撑计划项目，2015-2019 年，主持人；
- [3] “内蒙古及北京区域节水型城镇景观林培育与管理技术体系研究与示范”，国家科技支撑计划项目，2015-2019 年，主持人
- [4] “典型树种阻滞吸收 PM_{2.5} 等颗粒物的功能差异研究”，林业公益性行业科研专项，2013-2016 年，主持人；
- [5] “森林经营对生态系统碳水耦合变化的影响机理研究”，林业公益性行业科研专项，2012-2015 年，主持人。

2) 5 篇以内代表性论著

- [1] Xu, Hang; **Zhang, Zhiqiang** ; Chen, Jiquan; Zhu, Mengxun; Kang, Manchun , Cloudiness regulates gross primary productivity of a poplar plantation under different environmental conditions, Canadian Journal of forest research, 2017.1.12, 47(5): 648~658;
- [2] Chen, Lixin; Liu, Chenming; Zou, Rui; Yang, Mao; **Zhang, Zhiqiang**, Experimental examination of effectiveness of vegetation as bio-filter of particulate matters in the urban environment , Environmental Pollution, 2016.1, 208: 198~208;
- [3] Zhou, Jie; **Zhang, Zhiqiang** ; Sun, Ge; Fang, Xianrui; Zha, Tonggang; Chen, Jiquan; Noormets, Asko; Guo, Junting; McNulty, Steve, Water-use efficiency of a poplar plantation in Northern China, Journal of Forest Research, 2014.12, 19(6): 483~492;
- [4] Chen, Lixin; **Zhang, Zhiqiang** ; Zeppel, Melanie; Liu, Caifeng; Guo, Junting; Zhu, Jinzhao; Zhang, Xuepei; Zhang, Jianjun; Zha, Tonggang, Response of transpiration to rain pulses for two tree species in a semiarid plantation , International Journal of Biometeorology, 2014.9, 58(7): 1569~1581;
- [5] Chen, Lixin; **Zhang, Zhiqiang** ; Zha, Tonggang; Mo, Kangle; Zhang, Yan; Fang, Xianrui, Soil water affects transpiration response to rainfall and vapor pressure deficit in poplar plantation , New Forests, 2014.3, 45(2): 235~250.

3) 获得的学术研究表彰/奖励:

[1] 2016年,教育部高等学校科学研究优秀成果奖,自然成果奖省部二等奖(排名1);

[2] 2005年,北京市人民政府科技进步奖二等奖(排名5);

[3] 2005年,国家科技进步二等奖(排名10)。

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

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	张志强	水土保持学院	教授	院长	总体设计	在线教学服务
2	程金花	水土保持学院	教授	教研室主任	实验原理研究	在线教学服务
3	王彬	水土保持学院	副教授		方案设计与程序开放	在线教学服务
4	王云琦	水土保持学院	教授	副院长	实验模式与教学方法研究	在线教学服务
5	关颖慧	水土保持学院	讲师	无	降雨模块设计	在线教学服务

1-2-2 团队其他成员

1	马岚	水土保持学院	副教授	教研室副主任	措施布设模块试验与设计	在线教学服务
2	陈立欣	水土保持学院	副教授	无	实验反馈统计	在线教学服务
3	王平	水土保持学院	副教授	无	沟蚀阶段模块设计	在线教学服务
4	樊登星	水土保持学院	高级实验师	无	实验资源建设	在线教学服务
5	张英	水土保持学院	实验师	无	实验教学	在线教学服务
6	郑炜	北京润尼尔网络科技有限公司	工程师	无	数据采集与系统设计	技术支持
7	林奕州	北京润尼尔网络科技有限公司	工程师	无	系统维护与支持	技术支持
8	黎特为	北京润尼尔网络科技有限公司	工程师	无	系统维护与支持	技术支持

项目团队总人数: 13人, 高校人员数量: 10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

黄土高原沟道侵蚀过程与防治虚拟仿真实验

2-2 实验目的

" 生态文明，千年大计 "，随着生态文明被提到国家战略地位，国家对生态环境建设也越来越重视，社会对水土保持专业人才的需求也在不断增加，对于土壤侵蚀过程的理解和侵蚀防治技术的掌握是水保专业人才必备能力。本实验项目适应我国水土保持事业发展的需求，以培养具有专业胜任能力和创新能力的拔尖创新型水保人才为目标，坚持“学生中心、问题导向、学科融合、创新实践”的实验教学理念，按照“虚实结合、以虚补实”的原则，以人工模拟降雨为切入点，选取不同沟蚀类型，采用 3D 建模、动画、人机交互等技术自主研发了沟道侵蚀发生过程与防治虚拟仿真实验，以解决现实中水保专业人才培养的瓶颈：

第一，实验周期偏长。土壤侵蚀的发生和防治是一项系统工程，包括坡面汇流、浅沟发生、切蚀发生、切蚀发展、沟蚀防治等，整个过程需要经历 5 年以上时间，学生难以在本科期间完成这一过程，通过虚拟仿真实验可缩短到 4 学时，极大地缩短了实验周期。

第二，实验成本较高。土壤侵蚀的发生和防治需要在野外实地进行操作，实地操作难度大、成本高。按每学期 100 人计算，通过虚拟仿真实验可节约差旅费、住宿费、土地租用费等 50 万元。

第三，实验环境匮乏。学生水保专业能力的获得和提升需要在真实或类似真实的环境中进行大量实践，而目前实习场地无法满足学生实习需要。

因此，为提升课程学习效果、缩减实践时间、节约实践成本，解决水保专业人才培养过程中的问题，紧密结合北京林业大学“林学”双一流学科建设要求，培养具有创新意识、创新精神和创新能力的水保创新型人才队伍，结合土壤侵蚀动力学、水土保持学、土壤学、测量学、地质地貌学、水文学和土力学等学科的综合知识，在“土壤侵蚀原理”课程中开设此虚拟仿真实验，旨在让学生通过本项目达到如下实验目的：

- (1) 掌握沟道侵蚀的发生发展过程，包括坡面汇流、浅沟发生、沟道下切、切沟发生等。
- (2) 明确沟道侵蚀的测定方法，掌握沟道侵蚀测定的操作技能；
- (3) 认识沟道侵蚀影响因素，掌握不同阶段沟道侵蚀防治措施及其功能；
- (4) 了解主要的沟道侵蚀防治措施体系，掌握相应措施的布置；
- (5) 提高大学生对土壤侵蚀实验的操作能力，为毕业后继续进行科学研究和在水保基层工作打下基础，培养全方位的水土保持实验技能。

2-3 实验课时

(1) 实验所属课程所占课时：32 课时

本实验为《土壤侵蚀原理》课程的必要和重要的组成部分。《土壤侵蚀原理》课程是水土保持与荒漠化防治专业本科生的专业基础课，属专业核心课程。该课程的教学目的是通过课程学习，使学生建立起土壤侵蚀、土壤侵蚀类型、土壤侵蚀形式及其有关的基本概念，具备土壤侵蚀的基本理论，掌握土壤侵蚀发生发展的基本规律，掌握并能运用土壤侵蚀监测、预报和土壤侵蚀研究的基本技能。《土壤侵蚀原理》课程为《流域综合治理》、《水土保持监测》、《山地灾害防治工程》、《农田水利工程》、《生产建设项目水土保持》等专业课程的先修课程，为学习后继课程以及从事与本专业有关的工作奠定坚实的基础。

(2) 该实验项目所占课时：4 课时

本实验针对的沟道侵蚀发育过程与防治措施部分为《土壤侵蚀原理》课程中的重点和难点知识。实验涉及的知识点是对所属课程知识架构中水力侵蚀、重力侵蚀和混合侵蚀相应部分的综合运用和总结，更是对后续土壤侵蚀监测、预报和防治部分的知识储备。因此，该部分涉及的知识点对所属课程知识体系的构建具有关键节点意义；开展必要的虚拟仿真实验能够帮助学生更为生动和深刻的掌握与理解知识难点和重点，有利于学生快速建立土壤侵蚀知识体系。

本虚拟仿真实验共设计为 4 个课时，包括课程体系中的 4 个知识群共 21 个知识点。具体课时安排和主要知识点讲解和分配情况详见“2-7 实验教学方法”部分的

对应介绍。

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）

坡沟系统沟蚀发育过程及其防治是土壤侵蚀教学与研究领域的热点和难点问题，也是土壤侵蚀原理的重要核心内容。切沟是地表常见的沟谷形态，发育活跃期的切沟侵蚀是坡沟系统中最重要侵蚀方式之一，其对流域侵蚀产沙有着重要的影响和贡献。

流域面积、降雨、汇水面积、坡度、坡长、坡形、植被及人类活动等是影响坡沟系统沟蚀发育的主要因素。降雨强度和降雨历时直接影响到侵蚀沟发展的快慢，一般情况下，降雨强度越大、降雨历时越长，侵蚀沟发展速度越快。常规的教学实习需要前往土层较为深厚且水土流失严重的地区进行实地观测，且仅能展现某一时段的侵蚀沟发育状况及对应的侵蚀环境，无法满足坡沟系统动态发育的需求。

针对于不同的侵蚀环境，需要配置不同的水土保持措施，如黄土高原坡面可以布设梯田和水平阶，沟道内需布设淤地坝。如何合理配置水土保持措施体系，并在短时期内展现配置措施的防蚀效果仍存在较大挑战。

拟申请的坡沟系统沟蚀过程及其防治虚拟仿真实验教学，基于沟蚀基本规律和形态演变特征，在分类概化各影响因素的基础上，引领学生将长时间序列（几个月或几年）下发生的过程以虚拟的形式进行形象演示，达到巩固理论知识点和激发学生积极性的教学目的。

主要涉及知识点数量：4 个知识群，21 个知识点

(1) 对应知识群共 4 个，具体如下：

① 降水能量（雨滴动能）：降雨雨滴的侵蚀力是降雨引起土壤侵蚀的潜在能力。它是降雨物理特性的函数，降雨雨滴侵蚀力的大小完全取决于降雨性质，即次降雨过程的雨量、雨强、雨滴大小等（图 1）。

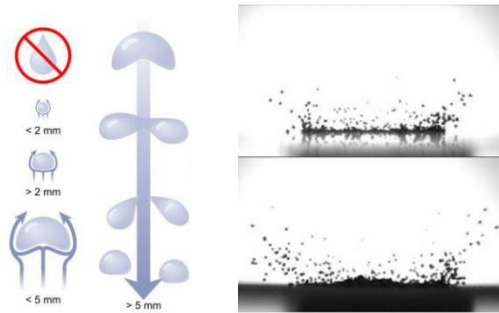


图 1 雨滴能量与溅蚀过程

② 汇水面积：流经某点或某一段等高线上所有地形的投影面积，单位汇水面积是单位长度等高线上游的汇水面积，可以定义为某段等高线上游汇水面积 A 与等高线长度 L 的比率。单位汇水面积一般是利用数字高程模型（DEM），在地理信息系统软件环境下，经过水文分析算法进行分析计算获得。

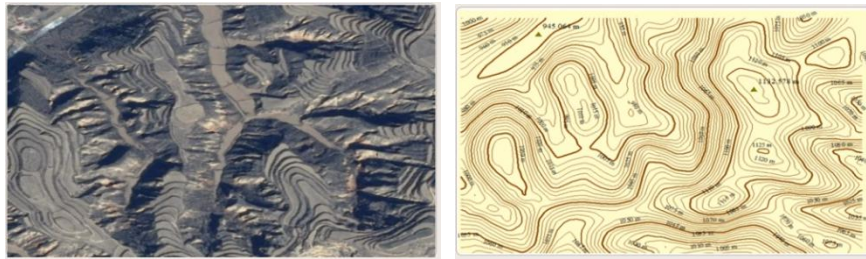


图 2 流域 DEM 图和地形图

③ 沟蚀发育过程：沟头溯源侵蚀，沟头前进是切沟发展的主要方式之一；沟坡的横向侵蚀发展，主要方式是泻溜、崩塌和滑坡；垂向下切侵蚀。在其它条件相同的情况下，切沟下切侵蚀的强度取决于水流的侵蚀能量。同时，依据侵蚀沟外形判断侵蚀沟的发育程度和强度，将侵蚀沟的发育分为四个阶段：溯源侵蚀阶段、纵向侵蚀阶段、横向侵蚀阶段和停止阶段（图 3）。



图 3 沟蚀发育过程

④ 沟蚀控制：是指治理和减缓沟道侵蚀的措施。旨在降低侵蚀基准面，防止溯源侵蚀、沟道下切和沟岸扩展。控制沟蚀主要有工程措施和植物措施，工程措

施主要有谷坊、拦沙坝、淤地坝和沟头防护工程，植物措施主要有沟头防护林和沟底防冲林。沟蚀防治案例见图 4。



图 4 沟蚀防治控制案例（治理恢复一年）

对应知识点共 21 个，列举如下（图 5）：

- [1] 土壤侵蚀量
- [2] 土壤侵蚀强度
- [3] 雨滴大小
- [4] 雨滴速度
- [5] 径流冲刷
- [6] 降雨能量
- [7] 溅蚀过程与溅蚀量
- [8] 坡面汇流
- [9] 径流量
- [10] 坡面侵蚀过程
- [11] 汇流面积
- [12] 流域特征识别
- [13] 浅沟
- [14] 切沟
- [15] 冲沟
- [16] 沟岸防护
- [17] 沟头防护
- [18] 坡面防护
- [19] 侵蚀沟发育阶段

[20] 侵蚀沟发育影响因素

[21] 流域综合治理措施布设

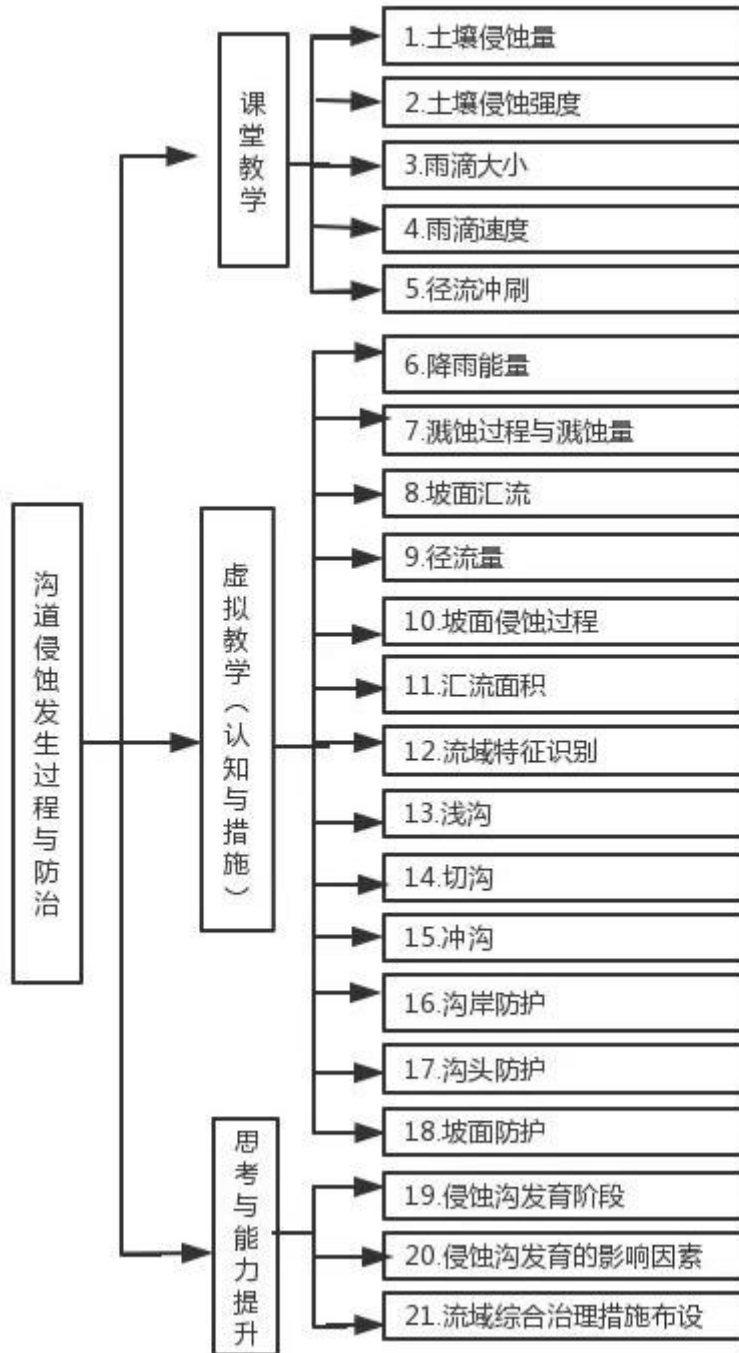


图 5 知识点体系

2-5 实验仪器设备（装置或软件等）

1 北京林业大学自主知识产权实验软件

项目已经完成了黄土高原沟道侵蚀过程与防治虚拟仿系统的开发，并获得了软件著作权登记证书（图6）。



图6 虚拟仿真实验系统软件著作权证书

2 终端/支撑实体仪器设备

项目申请单位配备有高速网络出口、高性能服务器、大容量存储、网络防火墙、虚拟仿真实验管理平台等设备设施，能够支撑本虚拟仿真实验项目顺利运行。申请单位的教学平台计算机、个人计算机、手机、PAD等设备均可作为操作终端，并在校园网络环境下完成整个虚拟仿真实验。

3 虚拟仿真仪器设备

根据教学内容设计，本试验涉及的虚拟仪器设备主要有：标准径流小区、全坡面径流小区、RTK测量系统、无人机、雨滴能谱测定系统（色斑法）、求积仪、钢板尺、钢卷尺、皮尺、径流池（桶）、流量计、自计雨量桶、水位尺、集流槽、烘箱、试验台、天平、台秤等。

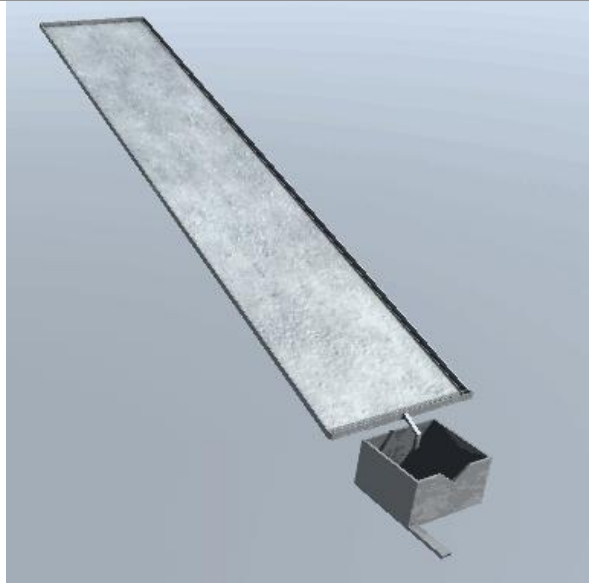


图 7 虚拟径流小区



图 8 虚拟无人机设备



图 9 虚拟自计雨量桶设备



图 10 虚拟求积仪设备

2-6 实验材料（或预设参数等）

本虚拟仿真实验教学项目线上基于 3D 建模的虚拟实验环境及虚拟实验对象，不需消耗类或易损类实验材料。项目以真实的黄土高原环境为依托，降雨、沟道地表状况、侵蚀发生状况与真实场景完全一致。学生可以自主设计实验流程，选择相应参数，实施沟道侵蚀发生和防治流程，满足实验教学需求，实验中所涉及的参数如下：

(1) 仿真坡面：1m 坡长坡面、5m 坡长坡面、10m 坡长坡面、50m 坡长坡面、100m 坡长坡面、200m 坡长坡面、500m 坡长坡面（图 11）；

(2) 植被类型：乔木（刺槐、杨树、柳树等）、灌木（柏树、荆条、沙棘、柠条等）、草本（苜蓿、茜草等）；

(3) 工程措施：谷坊、防护坝、鱼鳞坑等。

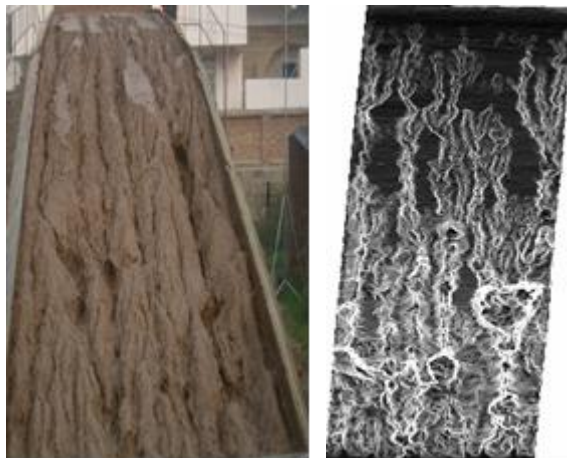


图 11 降雨条件下的 10m 坡长坡面模型

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）

1、采用的教学方法

虚拟仿真实验教学依托虚拟现实、多媒体、人机交互、数据库和网络通讯等技术，拓展实验教学内容的广度和深度，延伸实验教学的时间和空间，实现真实实验条件难以完成的教学功能，丰富了学生的学习模式。

本虚拟仿真实验教学项目以北京林业大学水土保持学院土壤侵蚀方面研究为核心，整合了近年相关研究进展，实现了科学研究成果与实践教学充分融合。在较短学时内完成生产中需要5年以上的内容，充分利用人机交互、计算机数码(CG)动画、三维(3D)建模等，让学生以角色扮演的形式参与到整个切沟侵蚀发育过程，促进学生对土壤侵蚀过程的理解，掌握土壤侵蚀和治理原理；同时为学生提供沟蚀防治的虚拟治理平台，在理解切沟侵蚀相关理论知识的基础上，配置相应的治理措施并直接获取视觉治理效果，提高解决问题的综合能力，提升水土保持生产实践水平。

2、使用目的

通过虚拟仿真实验，将沟道侵蚀过程与防治实验从5年以上周期缩短为4学时，在虚拟仿真实验室内完成，从而显著缩短实验周期、降低实验成本，形成“以学生为中心、虚实结合”的实验教学理念，向学生开放学习资源和学习空间，以学生自己学习为主，教师指导为辅，学生通过虚拟仿真实验系统中各模块的综合运用，熟练掌握沟道侵蚀发生过程和治理的原理与关键步骤，明确小流域治理措施的综合配置，提高学生的相关实验和实习技能，培养具有创新思维和组织管理能力的水土保持与荒漠化防治专业人才，推动北京林业大学林学双一流学科建设，进一步向全国相关高校开放、推广本虚拟仿真实验教学内容，促进我国水土保持与荒漠化防治专业人才的培养，提升我国生态环境建设质量。

3、实施过程

(1) 黄土高原沟道侵蚀过程与防治虚拟仿真实验项目主要设置了实验预习、实验演示、实验学习、实验考核、实验报告5个教学功能部分(图12)，同时还设置了“答疑室”，主要用于远程开放时，学生可通过答疑室就知识点等问题进行线上答疑(图13)。

①**实验预习**：浏览网站导航“项目描述”栏目，预先学习包括实验目的、实验原

理、操作步骤、注意事项等资料。学生在进行实验学习前，应先进行预习，掌握基本知识点。

②**实验演示**：浏览网站导航“教学引导视频”栏目，学生在了解实验原理的基础上，观看有图像、文字、声音等信息的演示视频，视频中指示一步一步地完成整个实验过程，掌握实验内容及相关关键技术操作。

③**学习模式**：此模式主要用于学生在了解实验原理的基础上，对实验内容进行学习。在图标、文字、声音、高亮等信息的指引提示下，学生通过人机交互，一步一步地完成整个实验过程，在这一过程中，学生通过教师指导和自主学习，掌握实验内容及相关关键技术操作。

④**考核模式**：此模式主要用于对学生的实验操作进行考核。在考核系统中，没有系统操作提示，学生需要根据时间进度及沟道侵蚀的状况，以及系统给出的事件，完成相应的操作，以保证沟道侵蚀得到合理治理。

⑤**实验报告**：此部分主要用于学生实验报告的管理与提交。学生实验完成后，根据学生操作情况，在后台自动记录学生的得分，并记录下学生操作的过程，用于在报告系统中形成实验报告。系统将自动整理出实验内容的正确操作流程以及学生操作过程的实际流程，便于学生回顾。同时，将实验目的、实验原理等信息整合进实验报告内，学生填写对实验设计的评价和建议，生成 pdf 文件，提交给教师评阅。

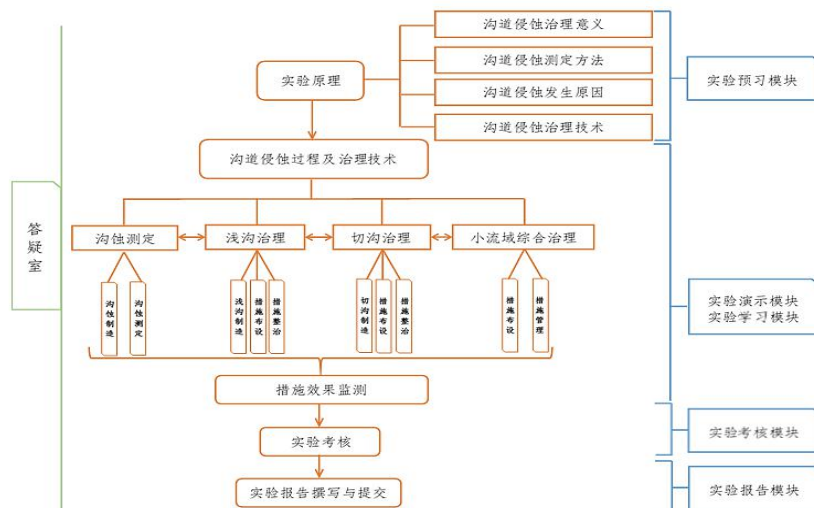


图 12 虚拟仿真实验教学系统组织结构图



图 13 虚拟仿真实验平台答疑室

⑥**实验答疑：**此部分主要通过答疑室进行，系统具备实时答疑功能，使得教师和学生可通过文本实时在线交流。

(2) 本虚拟仿真实验内容共包括 4 个课时。

表 1 本课程教学计划与安排学习

序号	课程名称	实验项目/实验课时	应用方式
1	土壤侵蚀原理	土壤侵蚀理论知识测 /1	虚拟实验
2	土壤侵蚀原理	土壤侵蚀过程测定/1	虚拟实验
3	土壤侵蚀原理	土壤侵蚀防治措施布设模拟/1	虚拟实验
4	土壤侵蚀原理	侵蚀防治措施设计综合能力考核/1	虚拟实验

基于翻转课堂的引导式、开放式教学，任课教师提前一周时间给学生布置预习内容，明确预习目标。学生充分利用课下时间，通过查阅课件、文献资料等形式提前学习基本理论知识和原理；同时，虚拟仿真教学系统也提前 48 小时向选课的同学开放，学生可登录教学系统进行学习，熟悉操作界面。学习过程可以概化为以下流程（图 14）：

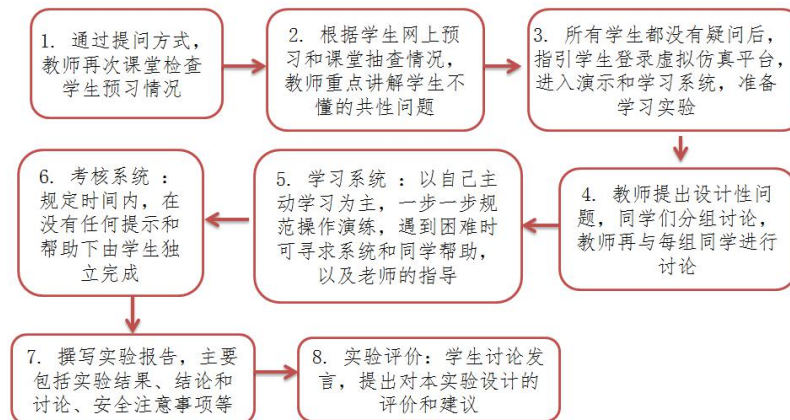


图 14 虚拟仿真实验课程教学流程图

第 1 课时：待正式授课时，学生进入“项目描述”栏目，教师以现实生产中土壤侵蚀的实践和问题为引导，帮助学生主动进行知识点的学习。同时，可设置理论测试环节，以考察学生对实验内容知识点的掌握程度。对于预习知识点理论测试不合格的学生，教师将预习成绩反馈给学生，并对关键知识点进行二次讲解，要求学生重新预习并完成知识点考核，直至合格后才能进入下一阶段学习。

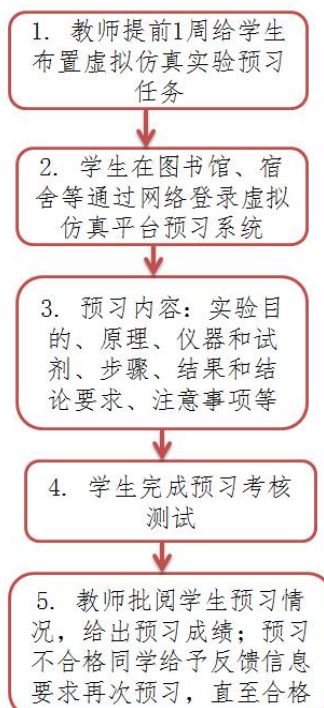


图 15 知识体系构建与预准备流程示意图

第 2 课时：在完成实验预习基础上，教师对学生的预习情况进行总结，并引

引导学生开始进行“学习模式”操作。学生进入“学习模式”模块，按照提示要求，选择适当的降雨强度开始进行降雨，并根据界面的信息提示，从工具包中选择适宜的工具进行降雨动能、汇水面积、径流能量、侵蚀沟道断面尺寸的测定。根据不同降雨条件驱动的下垫面侵蚀演变特征，判定侵蚀物质策源地和运移路径，推演侵蚀方式的演变速率和类型。在实验演示操作过程中学生除遵照系统指示进行步骤操作外，遇到任何问题或困难均可向任课教师求助，任课教师及时回答问题并解决困难，以保证学生完整顺利地掌握整个实验操作环节。

第3课时：在学生理解侵蚀发生过程和机理后，由老师引导学生设计相应的侵蚀治理措施。在浅沟治理模块中，将苗木、草种等材料进行种植，并进行地形整治、草种撒播、苗木栽植、灌水、施肥等管理操作，完成浅沟治理。在切沟治理模块，通过谷坊、防护坝的选择和布置，进行切沟治理；通过选择无人机等工具和适当的切沟位置，对侵蚀沟进行监测。在小流域综合治理模块，通过虚拟仿真3D建模学习小流域综合治理的措施配置，并对小流域治理后的效果进行监测。同时，通过对比浅沟治理、切沟治理和小流域综合治理的效果，理解整个沟道侵蚀发生过程和系统布设措施的意义。在实验演示操作过程中学生除遵照系统指示进行步骤操作外，遇到任何问题或困难均可向任课教师求助，任课教师及时回答问题并解决困难，以保证学生完整顺利地掌握整个实验操作环节。

第4课时：在有提示条件下模式“学习模式”掌握了实验操作后，教师对演示过程学生所遇到的重要问题进行总结，并对关键的步骤再次进行讲解。同时，提示学生进入实验考核环节。学生进入“考核模式”模块，在没有提示的情况下，独立完成各实验环节，并完成各考察项目，系统自动记录操作步骤和成绩。在此过程中，除非遇到系统问题，教师不对有关实验内容和操作的所有问题进行解答。

学生在操作过程中，“考核模式”模块将自动记录各操作环节的正确或错误，在学生进入系统给定的起始分值基础上，进行加分或扣分操作，从而在学生完成实验内容后形成实验过程考核分值。完成考核环节后，学生就实验过程中的关键步骤和操作技术进行讨论，并可就实验内容和操作心得，以及对水土保持的思考与任课教师进行探讨，进一步巩固学习成果。同时，学生需进入“实验报告”模块，撰写实验报告。系统将自动生成实验报告，提交给教师，学生也可下载留存。此外，学生还需要就虚拟仿真平台的使用情况填写问卷调查，并提交实验心得等内容。

教师在课后登入管理平台对学生提交的实验报告进行及时批阅和分析，总结虚拟仿真实验的优势和存在的问题，不断完善虚拟仿真教学系统，提高虚拟仿真实验教学效果（图 16）。



图 16 知识点考核与巩固提升流程示意图

4 实施效果

（1）提高了学生实践能力，提升了人才培养质量

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”，练就了学生的熟练措施布设能力。本项目的应用，大大提升了学生水保措施使用的专业化。自 2017 年 12 月开始，每学期给学生开展 4 课时的虚拟实验训练，熟悉实习环境，了解要通过实习掌握的知识内容，再同实地实习相结合，虚实结合，极大地提高了学生实践能力，提高了人才培养质量，毕业生得到用人单位好评。

（2）降低教学成本，提升教学效率

本项目使学生足不出户就能观摩和体验沟道侵蚀的发生防治，节省了学生往返实习地点的时间和交通成本。同时，本项目建构了一个类真实环境，解决了现实中学生无法完整看到沟道侵蚀发生过程以及不同措施防治效果的难题。虚拟仿真实验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）共享教学资源

该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，其他相关学科和社会工作人员均可通过网络学习，能够更好的共享教学资源。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近专业的虚拟仿真实验教学。

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

（1）基本架构描述

1) 虚拟实体和辅助认知

为解决坡面坡沟系统发育及防治过程历时长、野外实地考察和试验成本高等问题，本虚拟仿真教学将侵蚀驱动力、侵蚀坡面、侵蚀沟进行模型化，并配合虚拟的观测设备及手段，使学生在短时间内便可形象的获取沟蚀发育的过程；同时，在初判沟蚀发育的过程阶段后，能够互动的进行措施配置并获得治理效果评价。结合适当的文字说明和音频、视频素材，能够使学生形象化、便捷化和交互化的获取相应知识，达到实验教学的认知要求。

2) 基础知识点预习和先导知识框架搭建

将虚拟实验与理论知识讲解相结合，通过“实验预习”和“先导知识回顾测验”模块，引导学生主动掌握实验内容涉及的相关理论知识点和搭建必备的先导知识体系。同时辅以知识点测试和老师辅助讲解巩固学生掌握情况，以保证后续实验的顺利开展。

3) 实验操作和科研探索培养

在前期知识考核合格的基础上学生可进入实验操作环节，虚拟实验系统将依据知识点划分为不同的模块，学生进入相应模块后便可分布的对降雨特征、汇流过程、汇水面积提取、切沟发育过程、水土保持措施布设、布设后防蚀效果对比等相关知识点的实验操作。各个模块间存在关联关系，学生在单独操作某一环节后能够对其进行保存，以便对不同参数设置下的结果进行对比分析，提升本科阶段学生的科研探索能力。

4) 教师互动与网络答疑

基于“互联网+”的开放式教学模式，组建固定的在线教学团队并形成定期与不定期的网上答疑模式，保证学生在网上在线学习和实验操作过程中能够及时的对疑惑点和重难点等问题进行互动式交流，提高学生在学习过程中的获得感和便利性，使虚拟实验不“虚”（图 17）。

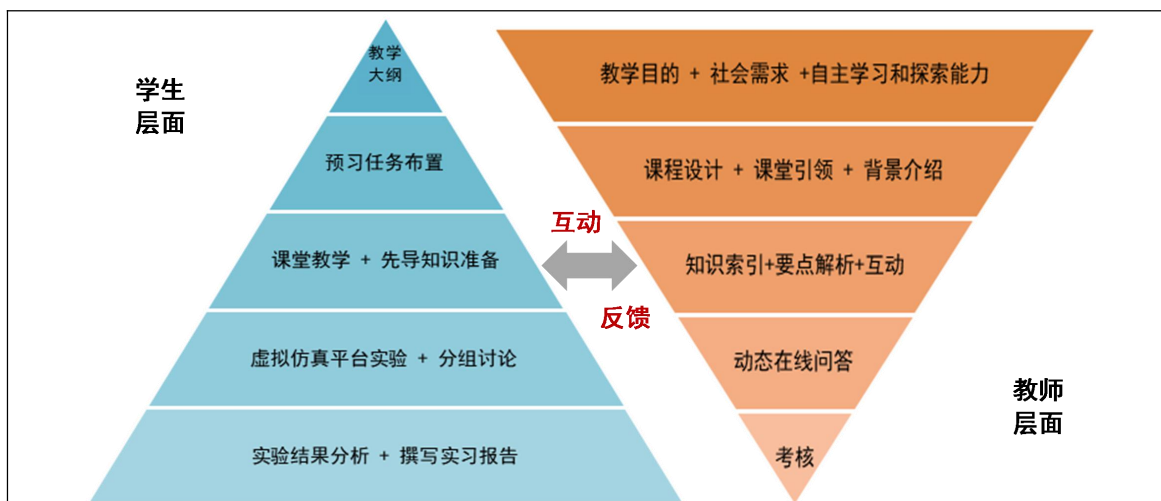


图 17 虚拟仿真教学系统互动教学流程

5) 在线考核与过程记录

学生操作过程中会针对初始条件设置、阈值控制检验和模拟效果比对等环节进行分步式考核，如学生在出现关键值操作错误时会弹出警示并扣分。因此，学生在按照步骤要求进行人机互动操作和选择过程中，虚拟仿真教学系统会自判定是否存在错误并进行提示，在最终的考核报告中会以量化的形式反馈给学生，以便学生在学习过程中进行重点学习。

6) 实验报告与教师考核

在学生完成所有的实验环节后会进入到实验报告环节，此部分分为系统自动生成部分和学生自主编辑部分。系统自动生成部分主要包括：实验目的、实验原理、初始参数设定、实验结果、操作过程记录等部分，并会对操作结果进行量化考评和错误原因分析；学生自主编辑部分主要包括：切沟发育过程影响因素分析、水土保持措施配置方案、防蚀效果评价与对比分析等基于模拟实验结果的分析报告。通过系统记录自动生成和学生自主整理分析，进一步提升学生在“动手”之后“动脑”；同时配以教师团队的考核评价，进一步巩固学生对理论知识的融会贯通应用。

(2) 核心试验模块设置

本虚拟实验主体部分包括四个模块：降雨动能测定模块，汇水面积测定模块，沟蚀发育过程仿真模块，水土保持措施配置模块（图 18）。学生进入相应模块后可对降雨特征、汇流过程、汇水面积提取、切沟发育过程、水土保持措施布设、布设后防蚀效果对比等相关知识点的实验操作。各个模块间存在关联关系，学生在单独操作某一环节后能够对其进行保存，以便对不同参数设置下的结果进行对比分析，提升本科阶段学生的科研探索能力。



图 18 四个实验模块

- 1) 降雨动能测定模块：学生可以在场景中观察沟蚀地貌，选择降雨类型、模拟降雨，拖动实验器材进行布置，查看实验结果。
- 2) 汇水面积测定模块：学生通过点击求积仪设备，进行锥形沟上部汇水面积的测定。
- 3) 沟蚀发育过程仿真模块：学生可以选择降雨类型、选择降雨天数，模拟降雨，观察沟蚀发育过程仿真动画，拖动实验器材布置到场景中进行产流量和产沙量测定，转入实验室场景进行泥水样的分析。
- 4) 水土保持措施配置模块：学生可以点击无人机设备进行无人机漫游，多角度观察黄土高原地貌以及不同的沟蚀类型，系统提供无人机操作指导使用方便，可以在工具栏中选择不同的治理措施模块，拖动到山体上对黄土高原进行模拟治理，仿真治理完成后学生再次点击无人机漫游治理之后的黄土高原景观。

2、学生交互性操作步骤

首先登陆虚拟仿真实验教学平台：学生在联网状态下登陆虚拟仿真实验平台 <http://linye.bjfu.owvlab.net/virexp/stxy> 进入“黄土高原沟道侵蚀过程与防治虚拟仿真实验”。在虚拟仿真平台可访问相关的实验模块，并能编辑和查询个人的学习情况等（图 19）。



图 19 登陆虚拟仿真实验平台

知识点和先导知识预习: 点击虚拟仿真实验平台的“项目描述”模块可进入知识点和先导知识预习的界面（图 20）。通过该模块中文字和图片影像的资料介绍，使学生们了解本次实验的目的、实验原理、基本实验条件、涉及主要知识点、控制因素和实验步骤等。



图 20 知识点和先导知识预习

进入虚拟仿真实验: 点击虚拟仿真实验平台的“黄土高原沟道侵蚀过程与防治虚拟仿真实验”入口，进入实验首页界面（图 21）。



图 21 虚拟仿真实验界面首页

选择学习模式：进入实验之后在界面选择“学习模式”（图 22）。学生在学习模式下可以根据文字提示、操作提示等顺利进行实验，对每部分实验内容展开学习。



图 22 进入学习模式

进入实验选择实验模块：进入实验目录，实验内容分为降雨动能测定模块，汇水面积测定模块，沟蚀发育过程仿真模块，水土保持措施配置模块四个模块，学生可以选择相应模块进行实验（图 23）。

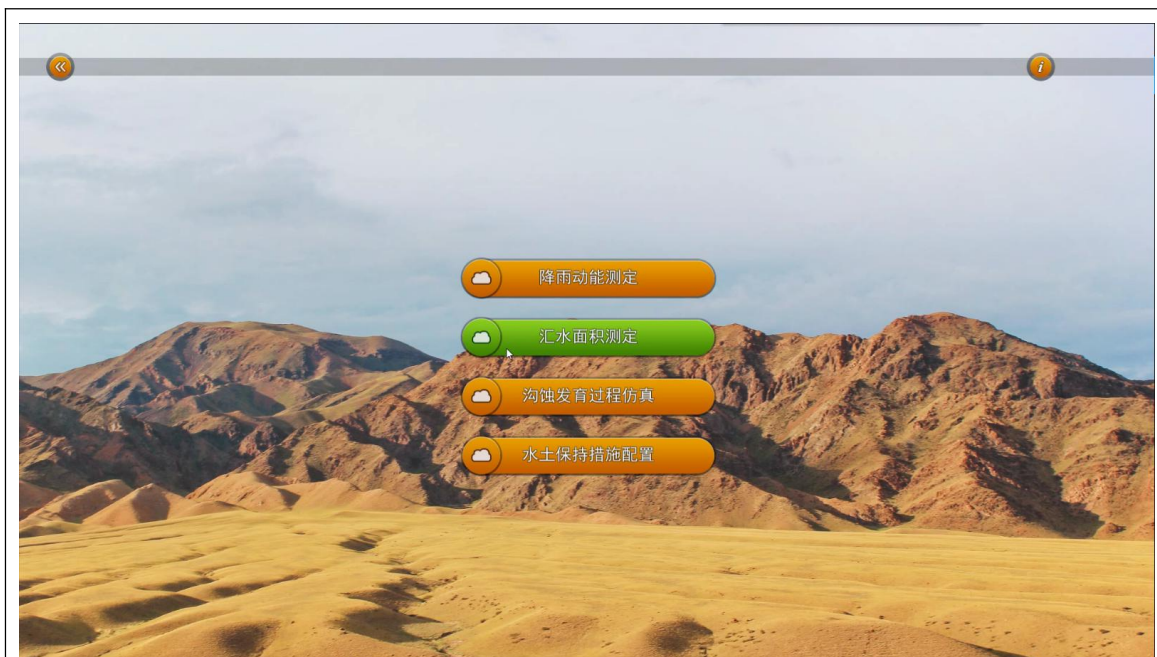


图 23 实验目录界面

(1) 降雨动能测定模块

步骤 1、设置降雨类型： 点击目录中的【降雨动能测定】，进入黄土高原大场景，此时是俯视视角。实验界面左上角是【返回】功能，右上角是【降雨量测定】实验，【降雨动能测定】实验和【操作提示】键。点击降雨量测定开始实验，学生首先选择降雨类型（图 24-26），设置降雨参数。

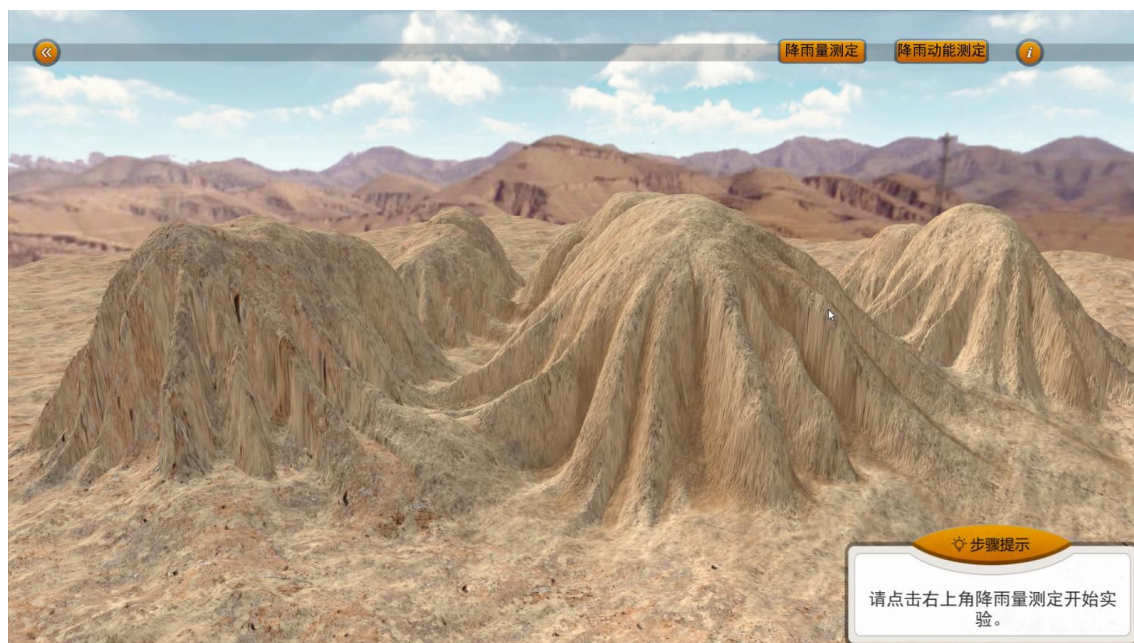


图 24 降雨量测定实验截图

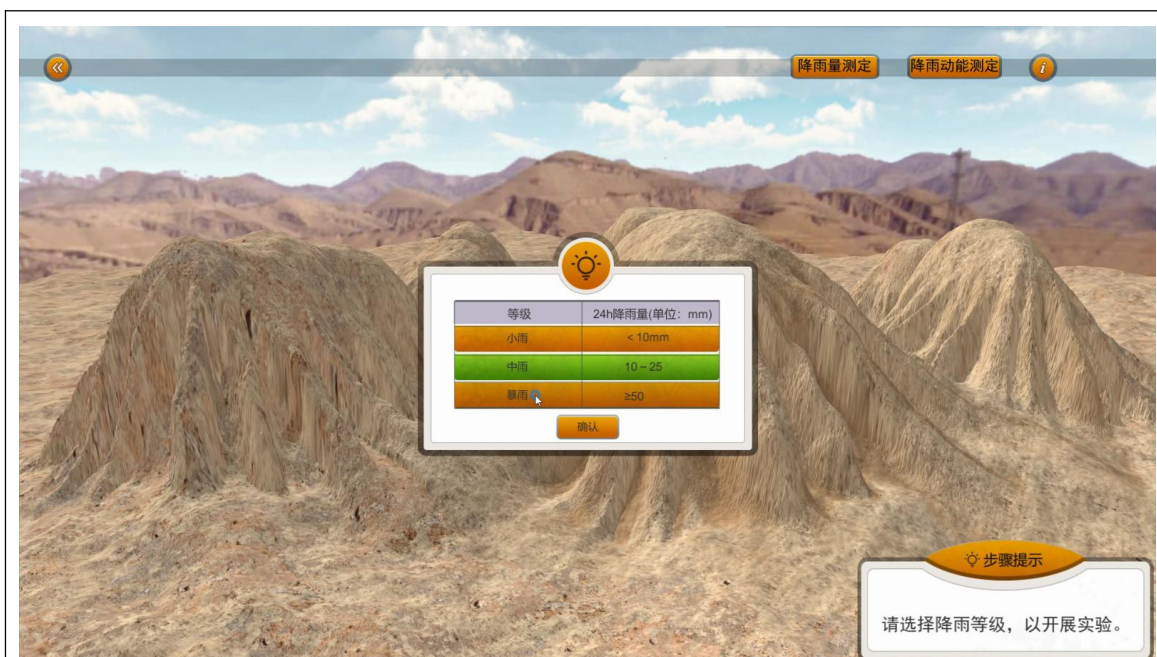


图 25 选择降雨类型



图 26 实验操作提示

步骤 2、 布设雨量筒测定降雨特征：用鼠标左键点击左侧【工具栏】中雨量筒，学生拖动鼠标到场景中松开，便可在样点相应的位置布置雨量筒（图 27、28）。学生在选定的降雨面积内均匀的布设 5 个雨量桶后，需将位置编号与雨量桶编号的对应，同时对雨滴谱仪进行预热设置。完成上述操作后界面提示：请打开天气发生器/人工模拟降雨机，并开始率定。

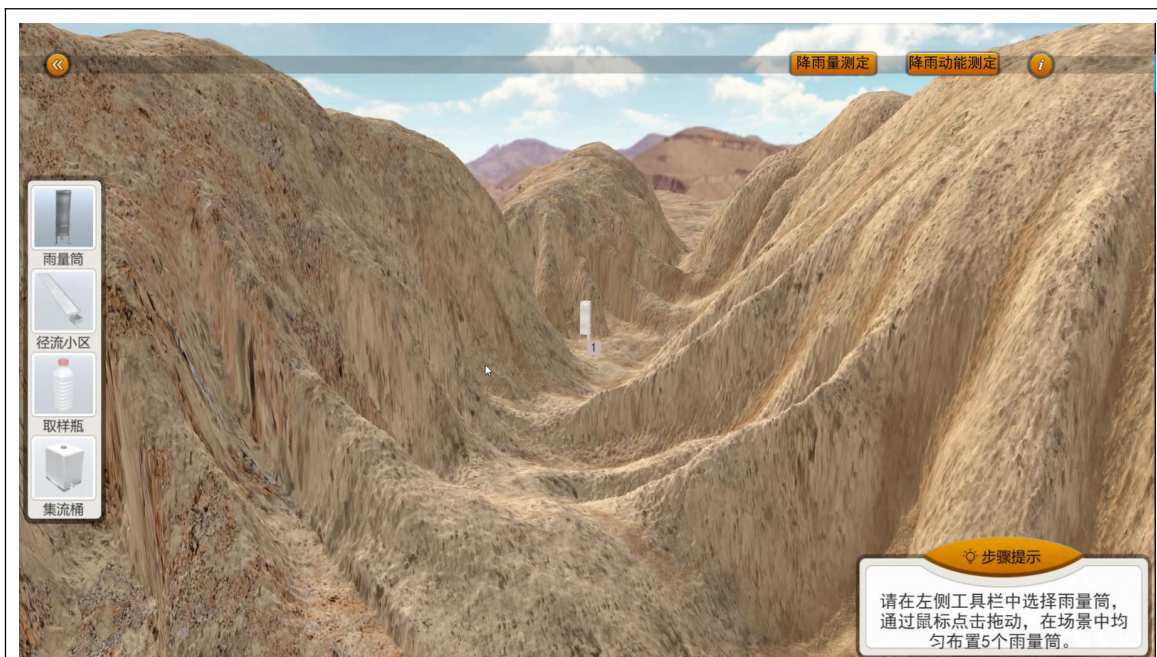


图 27 布设雨量筒视角（一）

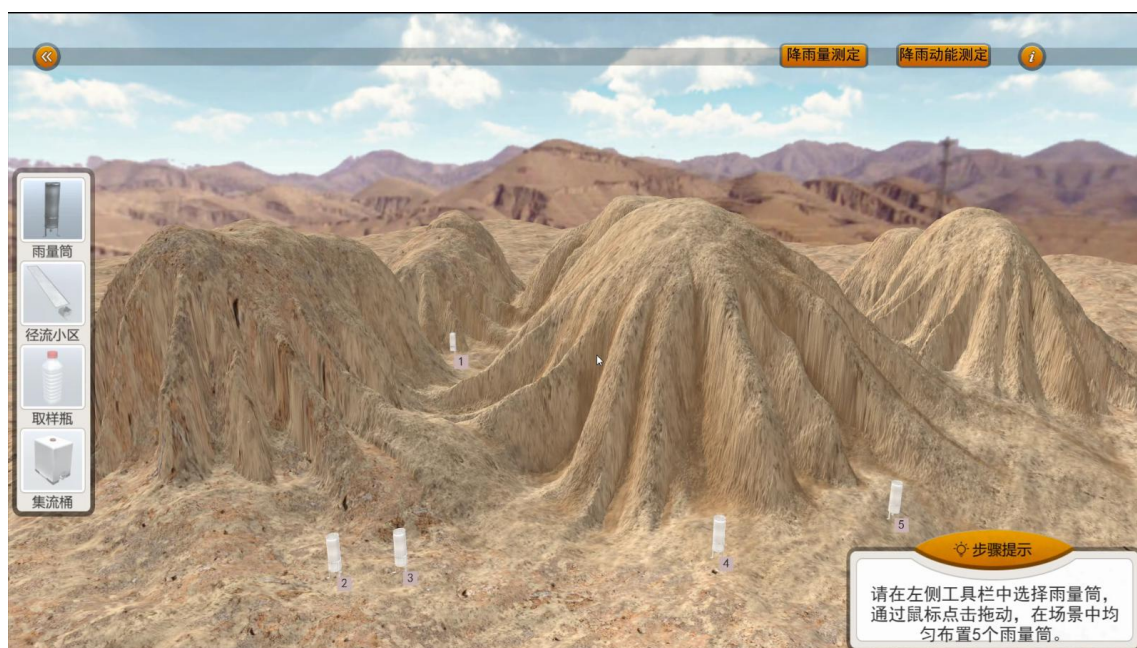


图 28 布设雨量筒视角（二）

步骤 3、模拟降雨过程测定降雨量：中部弹框交互“现在开始模拟降雨。”点击“确定”按钮开始降雨模拟（图 29）。学生依据提示，在模块中雨强设置框中输入设计的雨强（如 60mm/h，设置范围为 0-200mm/h）和降雨历时（如 1h，设置范围为 0.5-36h）。小雨、中雨、暴雨分别对应不同的降雨效果（图 30、31）。



图 29 开始模拟降雨

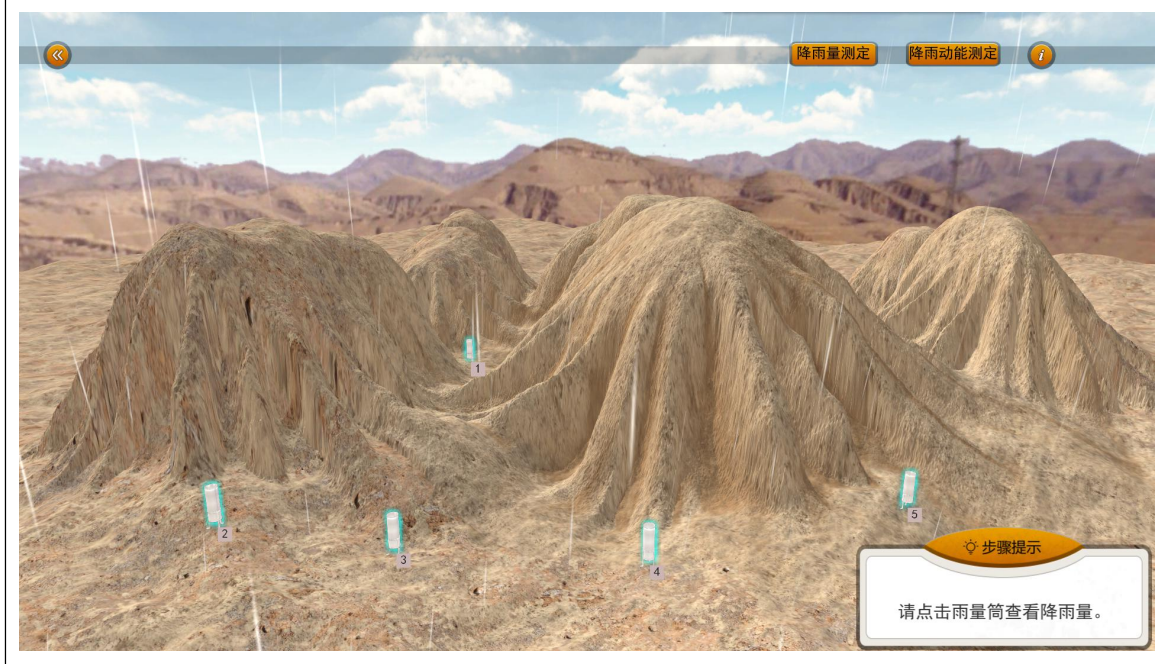


图 30 降雨效果（小雨）

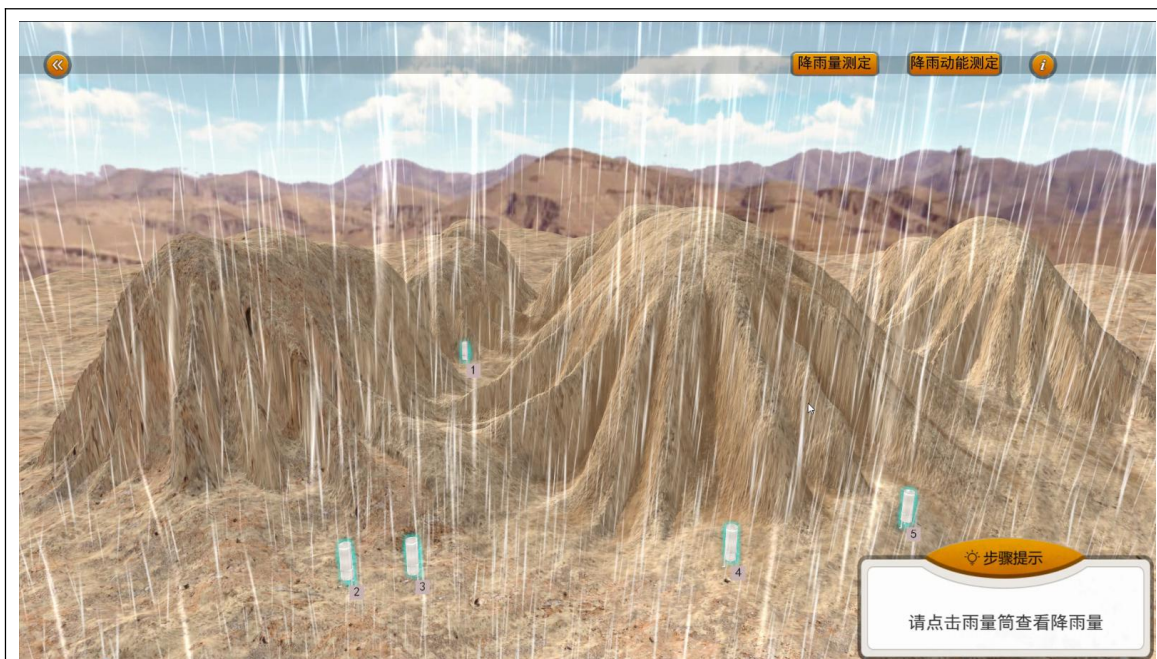


图 31 降雨效果（暴雨）

学生点击高亮的雨量筒，查看不同地点雨量筒的降雨量实验结果（图 32）。



图 32 降雨量测定结果

步骤 4、获取瞬时雨滴谱色斑分布： 点击右上角【降雨动能测定】，在【工具栏】中点击滤纸，将制备好的色斑滤纸放置于降雨场景中，获取瞬时雨滴谱色斑分布，并统计色斑中的大粒径、小粒径、失效雨滴个数（图 33、34）。

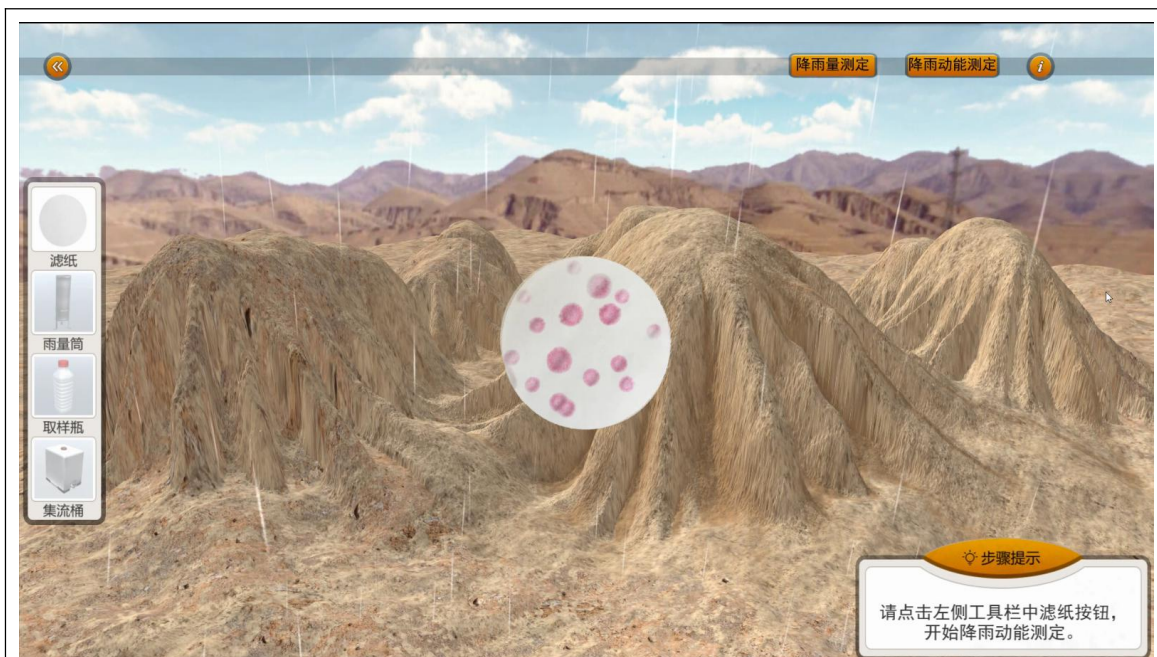


图 33 获取瞬时雨滴谱色斑分布

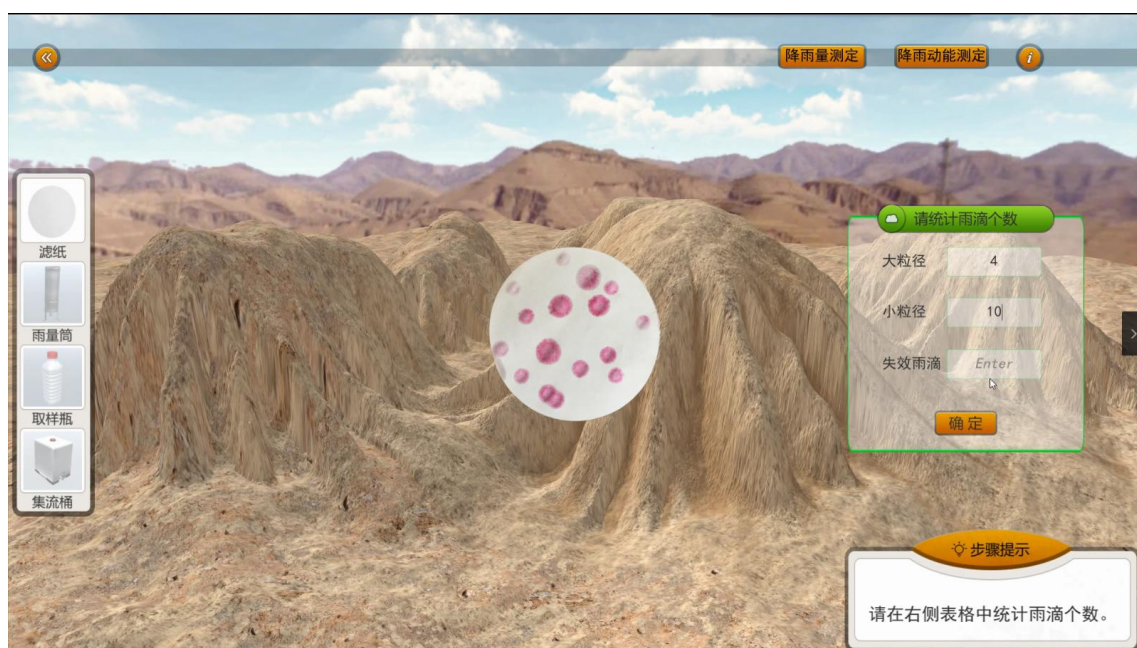


图 34 统计色斑中雨滴个数

步骤 5、测定降雨动能：根据色斑滤纸的雨滴情况，绘出水滴直径与色斑直径的相关图，查看雨滴累计曲线实验结果，计算降雨动能（图 35、36）。

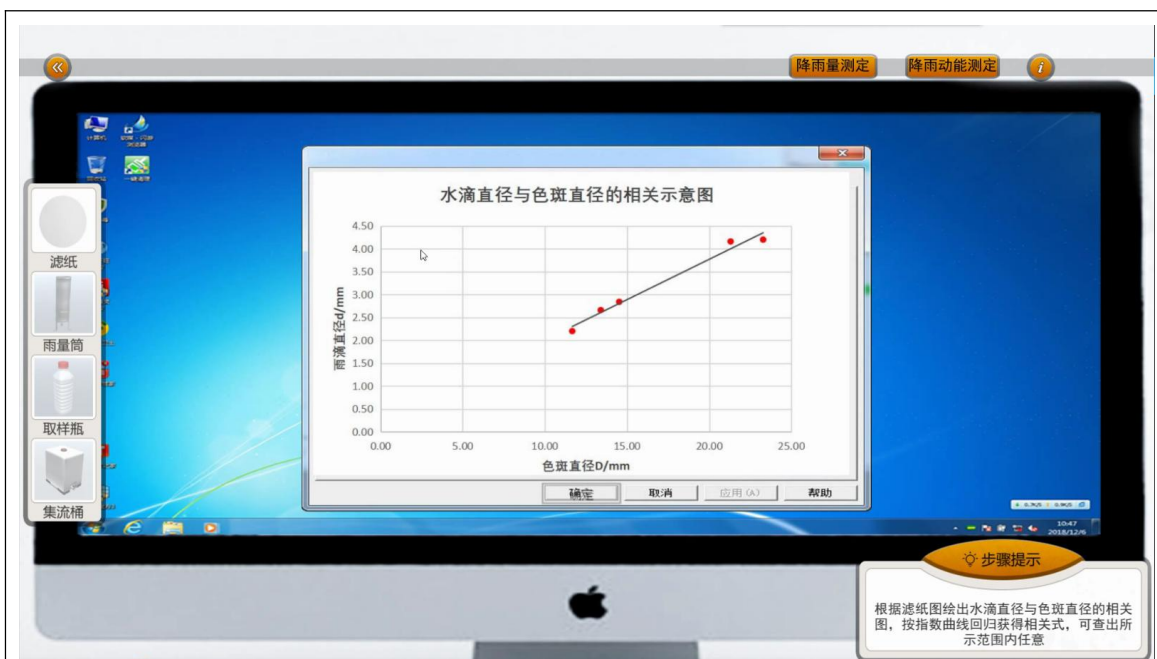


图 35 水滴直径与色斑直径的相关图

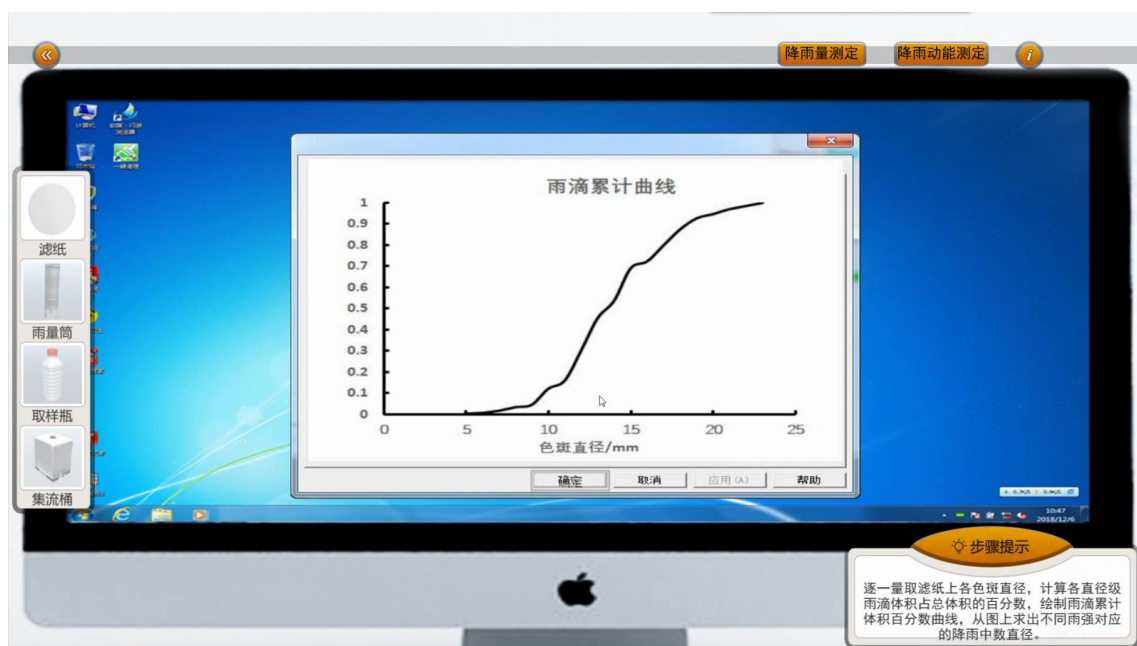


图 36 雨滴累计曲线

(2) 汇水面积测定模块

步骤 6、查看待测定流域的流域图和影像图：点击目录中的【汇水面积测定】，进入以黄土高原为背景的实验界面。学生点击左侧【工具栏】中【流域图】，系统生成该流域图的航拍图像，开始汇水面积的测定。点击【工具栏】中【影像图】界面生成俯视实景仿真图像（图 37、38）。



图 37 查看要测定的流域图



图 38 测定流域的影像图

步骤 7、查看待测定流域的地形图并绘制待测区域：点击【工具栏】中【地形图】界面生成对应流域的等高线地形图，并用红色线框绘出待测区域（图 39）。

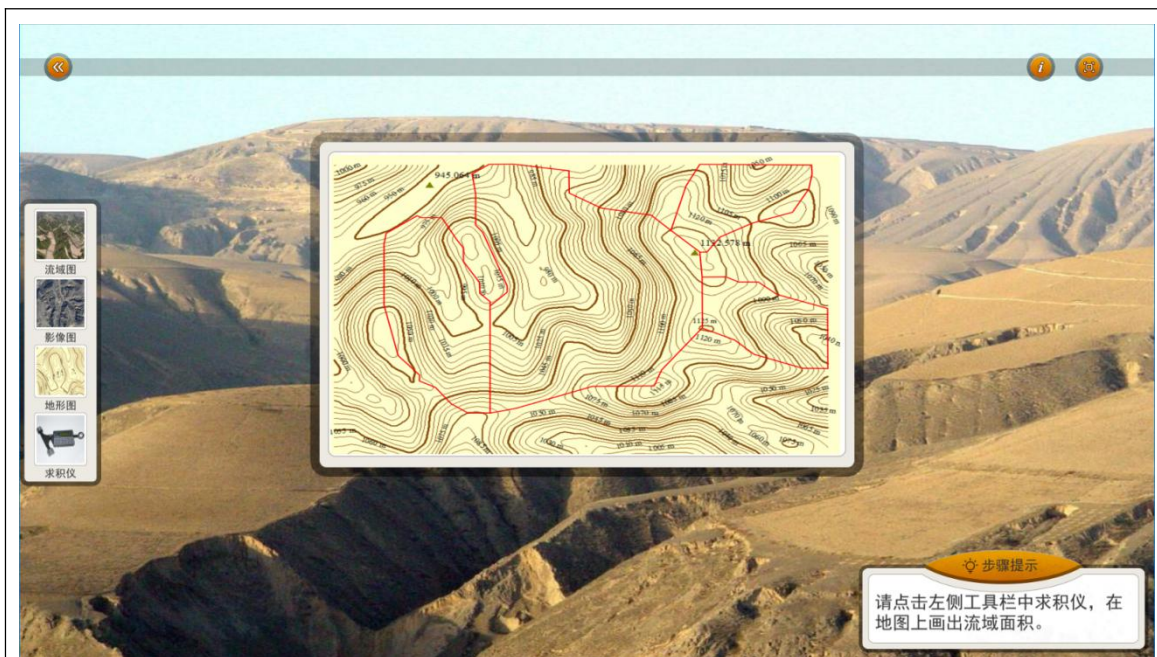


图 39 测定流域的地形图及测定区域的绘制

步骤 8、用求积仪测定流域汇水面积：点击【工具栏】中【求积仪】、基于地形图勾画流域边界、并选择求积仪工具量测画定流域的面积（图 40、41），测定完毕后弹出测定汇水面积结果（图 42）。系统会对学生操作结果进行划分流域质量控制，若学生勾画误差 $>15\%$ 则弹出提示要求重新量测，直至达到精度要求。同时，学生可以通过提示命令，对流域汇水面积量化的方法进行复习和查询。

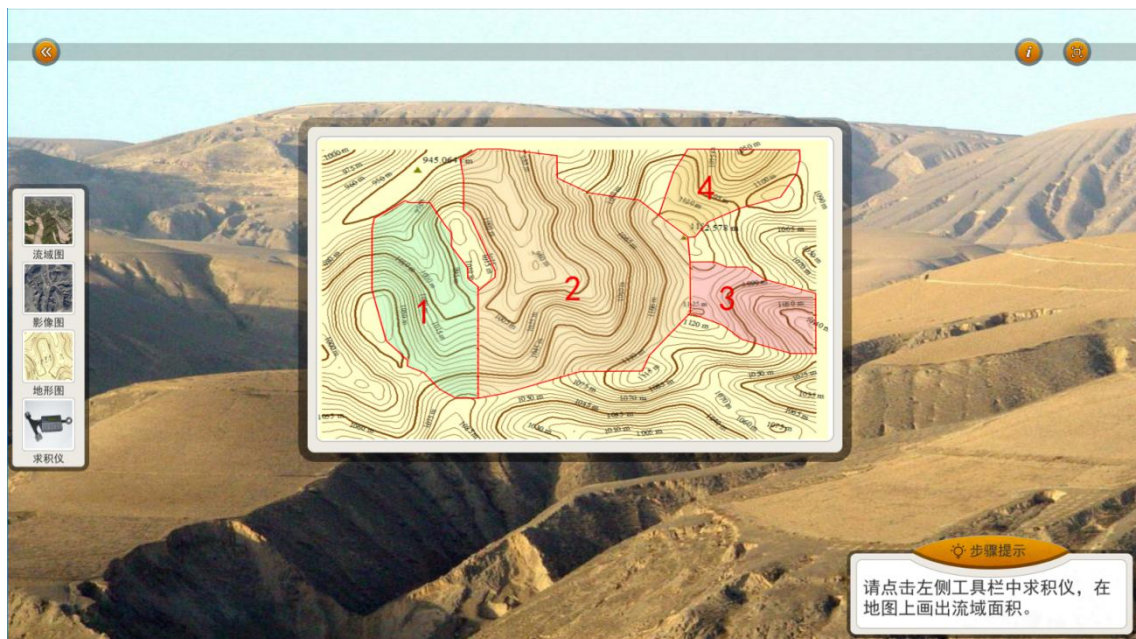


图 40 勾画流域汇水面积并进行测定

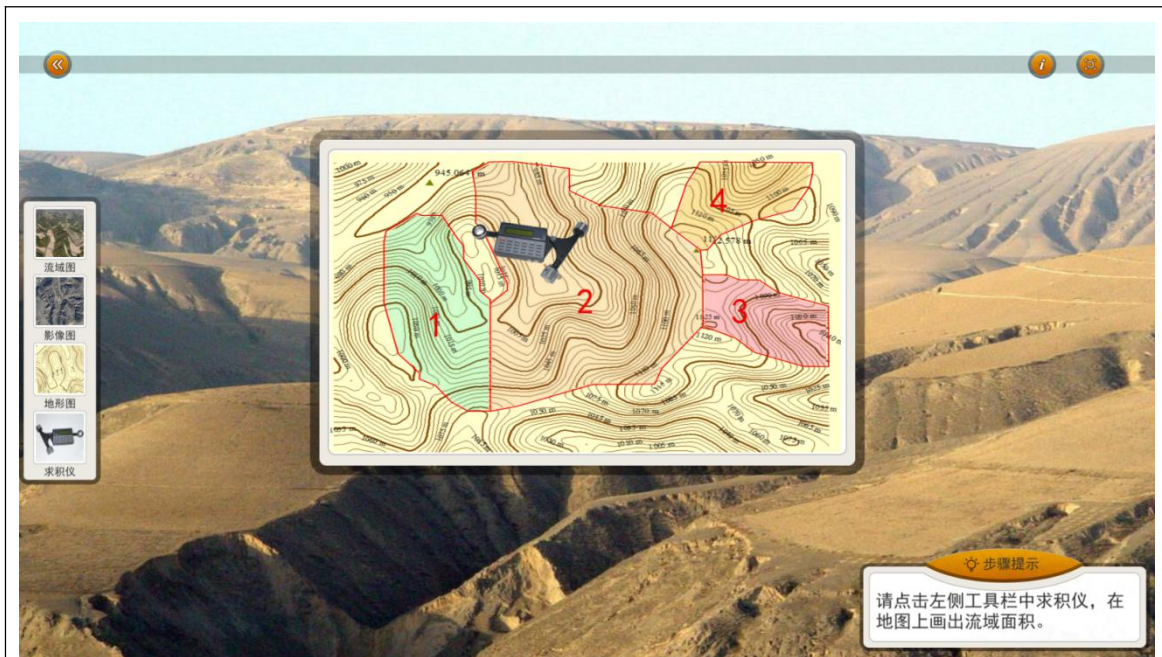


图 41 求积仪测定流域汇水面积

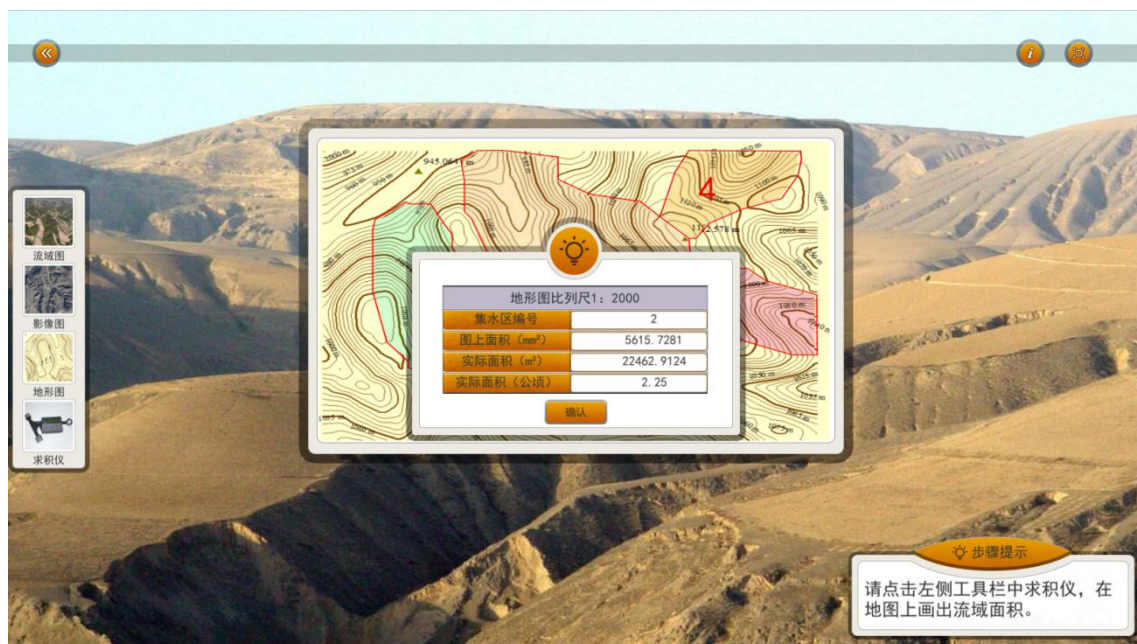


图 42 测定指定区域汇水面积结果

(3) 沟蚀发育过程仿真模块

步骤 9、沟壑类型认知：点击【沟蚀发育过程模拟】首先对沟道侵蚀不同发育阶段进行认知。学生依次在三维模型中认知细沟、浅沟、切沟、冲沟 4 种沟壑，可以用鼠标控制转动模型 360°查看沟壑形态（图 43、44）。

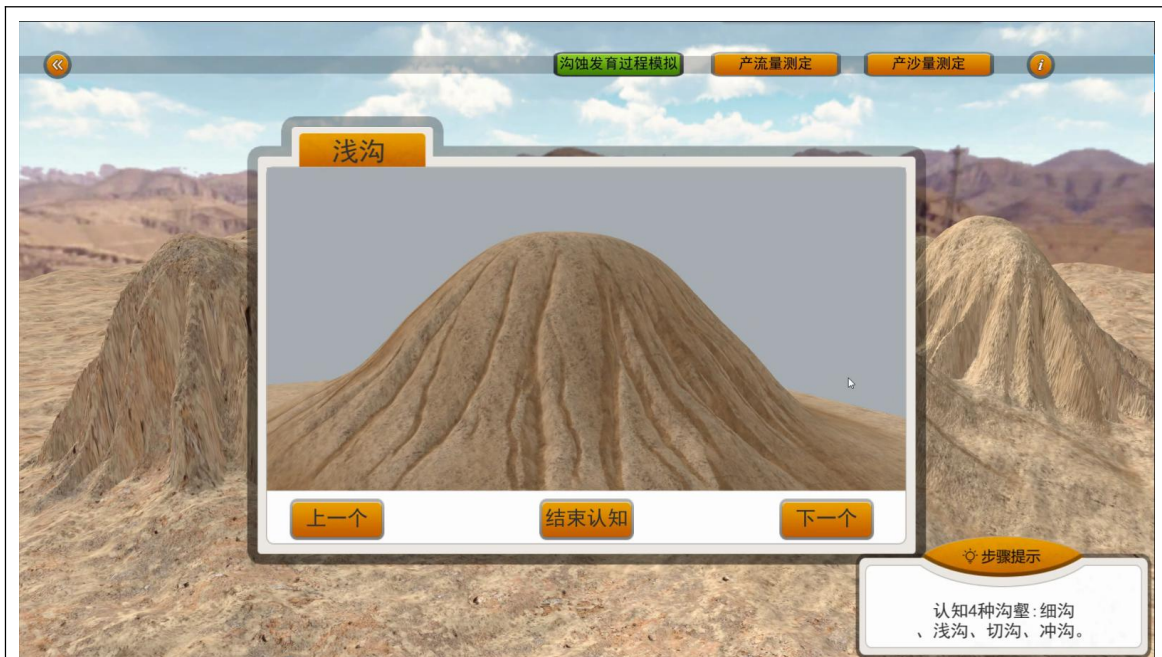


图 43 浅沟认知

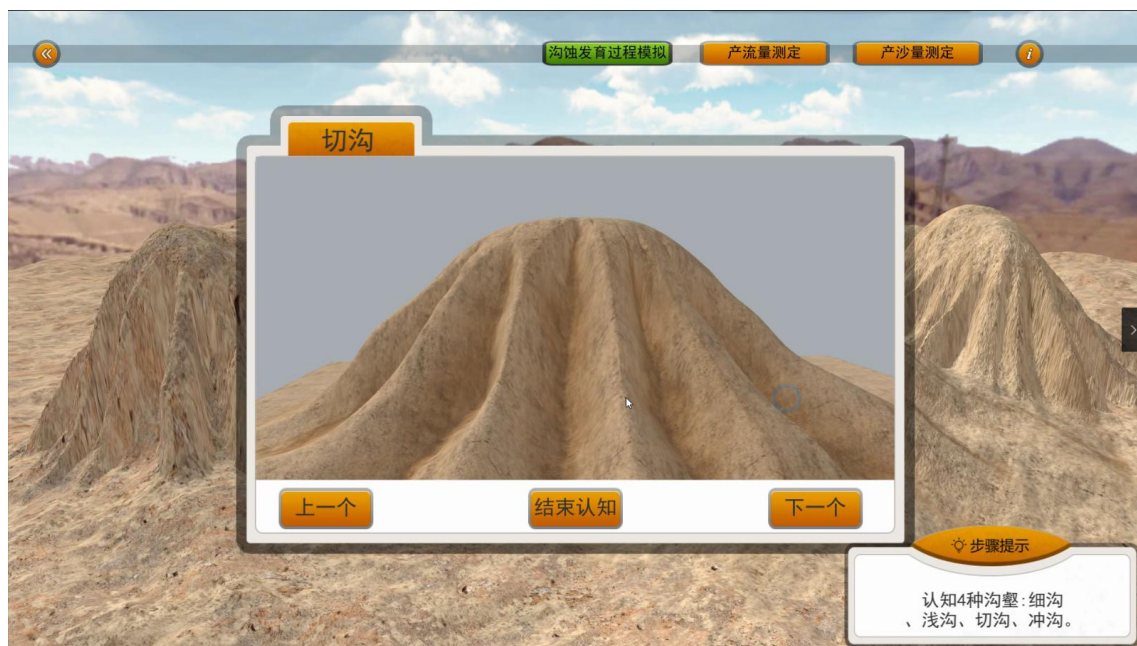


图 44 切沟认知

步骤 10、沟蚀发育过程演变：选择降雨类型，并输入模拟降雨时间，点击“确定”（图 45）。实验根据输入的不同降雨条件，判定沟壑可以发育到的最终状态，模拟不同的沟壑转变过程（图 46、47）。



图 45 沟蚀发育控制条件输入设置



图 46 沟蚀发育过程仿真

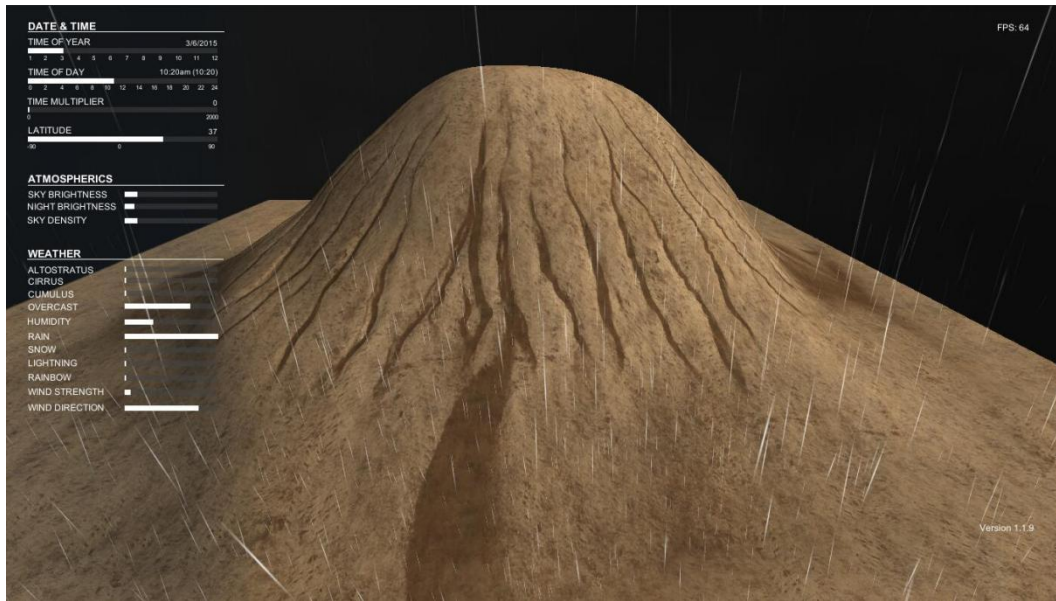


图 47 模拟细沟状态

步骤 11、产流量测定径流小区布设： 点击右上角的【产流量测定】，开始实验，中部弹框交互，选择降雨类型，并输入模拟降雨时间，点击“确定”。在左侧【工具栏】中用鼠标点击径流小区，拖动在场景中的山坡上松开，即可在山坡上布设径流小区。同样以拖动的方式在左侧【工具栏】中选择集流桶和雨量筒，在场景内布设集流桶和雨量筒（图 48、49）。



图 48 产流量测定径流小区和集流桶布设



图 49 产流量测定雨量筒布设

步骤 12、产流量测定实验：场景中布置完毕后，点击“现在开始模拟降雨。”场景中开始人工降雨，场景中可以观看雨水顺着沟壑流入径流小区中的效果（图 50）。降雨结束后，点击高亮的径流小区，查看产流量测定结果（图 51、52）。



图 50 径流量与径流泥沙样品的采集



图 51-52 查看产流量结果

步骤 13、产沙量测定径流小区布设：点击右上角的【产沙量测定】，开始实验，中部弹框交互，选择降雨类型，并输入模拟降雨时间，点击“确定”。在左侧【工具栏】中用鼠标点击径流小区，拖动在场景中的山坡上松开，即可在山坡上布设径流小区。同样以拖动的方式在左侧【工具栏】中选择集流桶，在场景内布设集流桶（图 53）。



图 53 产沙量测定径流小区和集流桶布设

步骤 14、产沙量测定泥沙样品采集：场景中布设完毕后，点击“现在开始模拟降雨。”场景中开始人工降雨，场景中可以观看雨水顺着沟壑流入径流小区中的效果（图 54）。降雨结束后，点击集流桶，充分搅拌集水桶中的径流和泥沙，使泥水充分混合，将集流桶中收集的泥沙转入实验室（图 55）。



图 54 径流小区泥水流动效果



图 55 取泥水样

步骤 15、泥水样过滤：取泥水样转入实验室进行测定，点击取样瓶，将取样瓶中样品混合均匀后采用中速滤纸进行过滤。（图 56）。



图 56 泥水样过滤

步骤 16、烘干样品：点击滤纸，将过滤后的泥沙样品放入 70℃烘箱中烘干至恒重（图 57）。



图 57 烘干样品

步骤 17、称量样品、计算产沙量：点击烘箱门，取出烘干后的泥沙样品进行称重，记录数据（图 58）。取样瓶干重已知，滤纸干重已知，取样瓶体积已知，根据系统提示计算设定情景下的产沙量（图 59）。实验中可以自由漫游实验室场景，转动鼠标，调整不同观察视角（图 60）。



图 58 称量样品

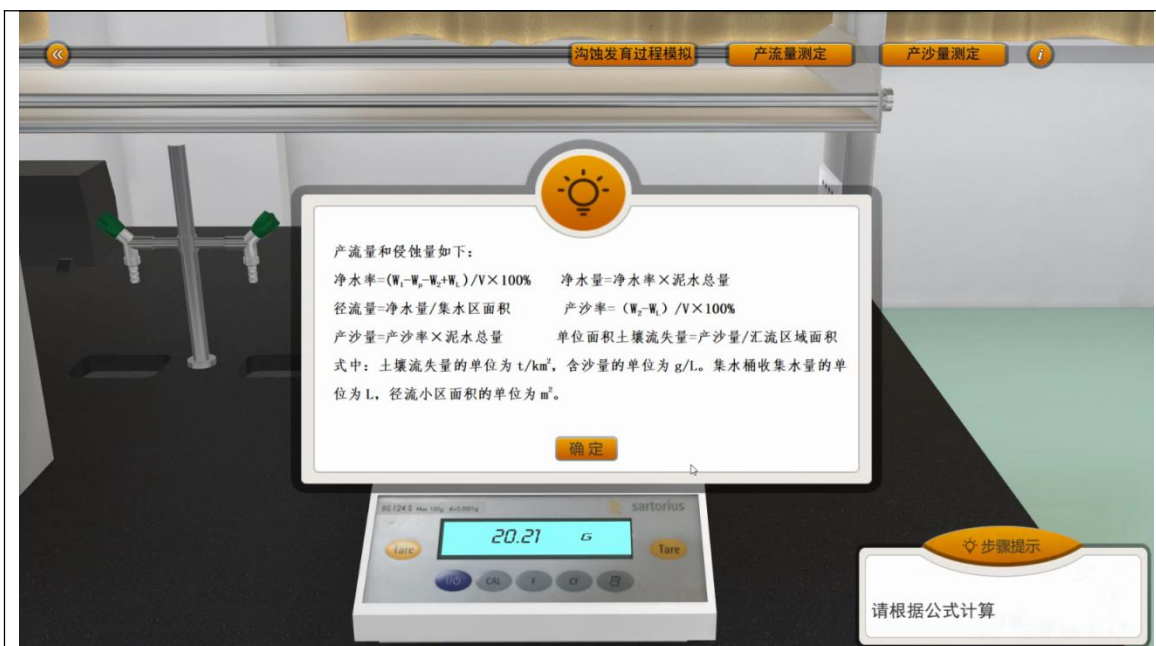


图 59 产沙量测定计算



图 60 实验室场景漫游

(4) 水土保持措施配置模块

步骤 18、无人机漫游未治理的沟蚀地貌景观： 点击【目录】中【水土保持措施配置模块】图标，进入该模块。点击左侧【工具栏】里的无人机，场景中会出现无人机，视角此时跟随无人机的视角，中部弹框无人机使用操作提示，使用无人机漫游未治理的黄土高原沟蚀地貌景观（图 61-63）。

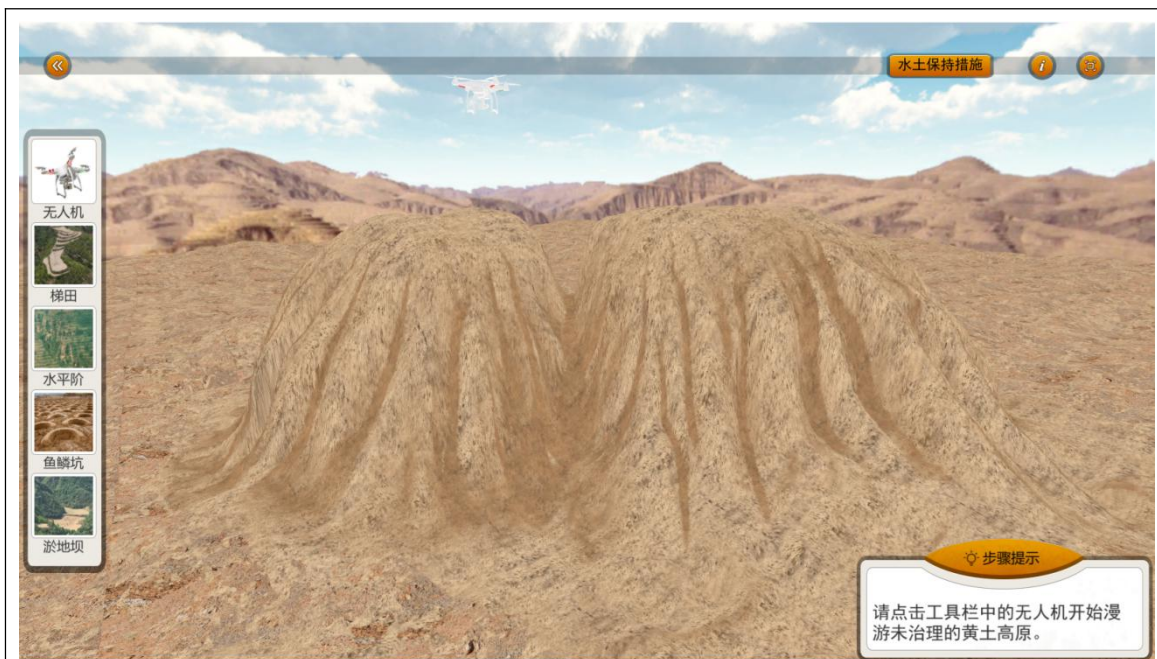


图 61 水土保持措施配置前的场景



图 62 无人机操作提示



图 63 在虚拟实验中操控无人机进行漫游

步骤 19、进行水土保持措施的配置：点击界面右上角【水土保持措施】模块，在左侧【工具栏】中选择相关治理措施（梯田、水平阶、鱼鳞坑、淤地坝），点击拖动到未治理的山体上进行水土保持措施的配置（图 64、65）。

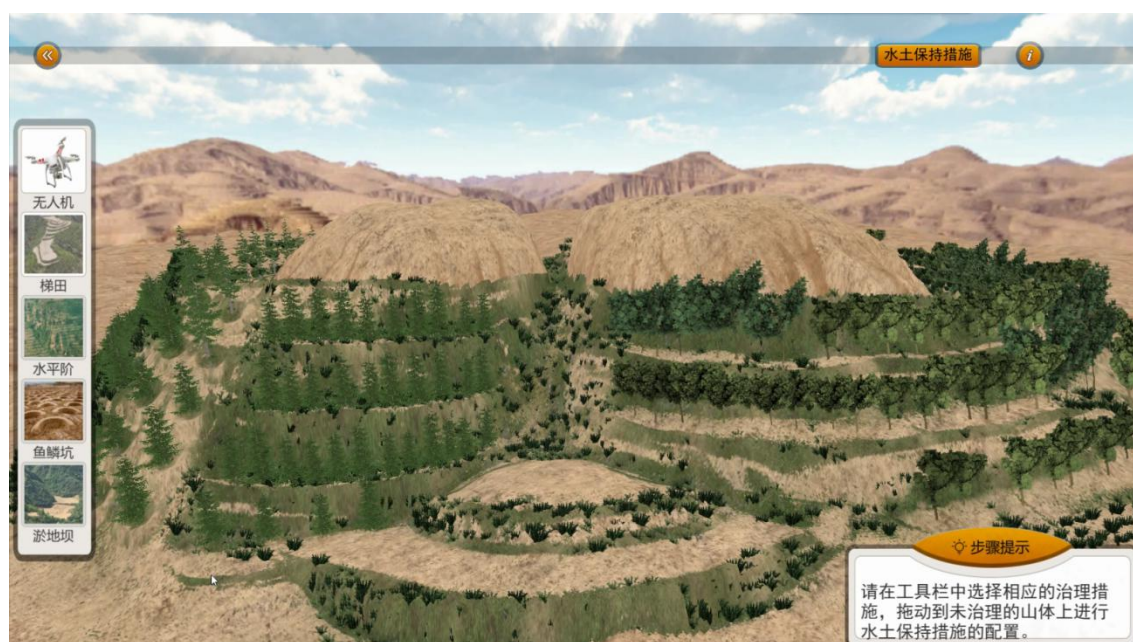


图 64 黄土高原山体“淤地坝、鱼鳞坑、水平阶”治理措施

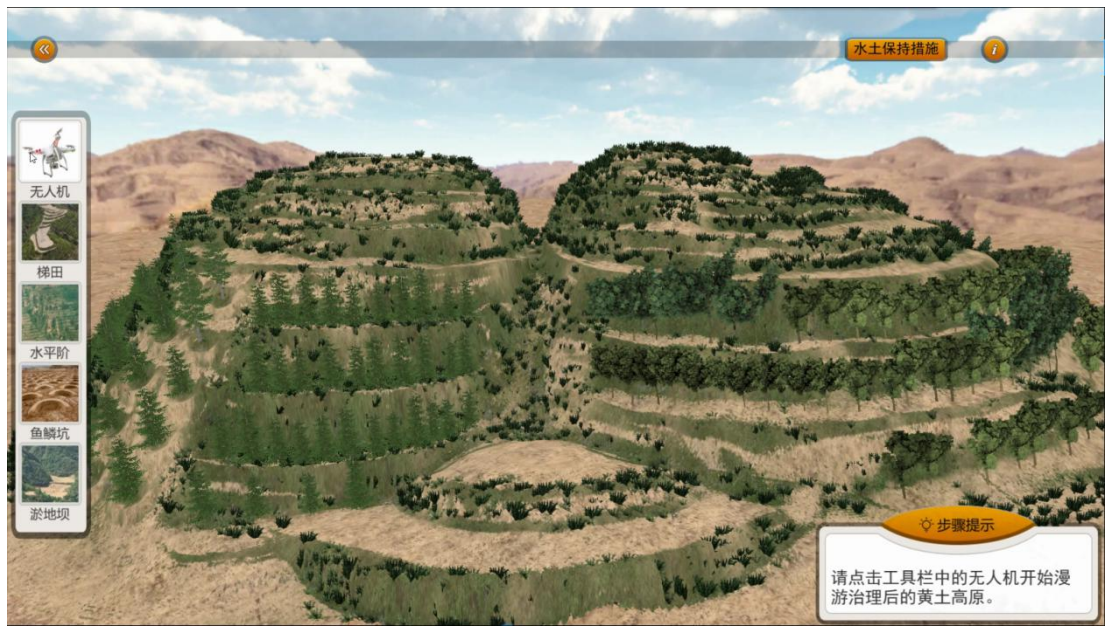


图 65 黄土高原水土保持措施治理全貌

步骤 20、无人机漫游水土保持措施配置后的黄土高原：点击【工具栏】中的无人机，系统会弹出学习无人机操作（图 66）。之后学生根据操作说明使用无人机漫游治理后的黄土高原（图 67、68）。



图 66 无人机操作提示



图 67 无人机漫游水土保持效果（一）



图 68 无人机漫游水土保持效果（二）

选择考核模式：学习模式进行完之后，学生返回实验界面选择“考核模式”。在考核模式下，实验没有文字提示和操作提示，而且增加了考核题和操作题，题目答错或者操作不当系统会记录相应扣分情况，最后统计实验结果形成实验报告，每位同学可以查看自己的实验情况，最终的实验得分和等级。

步骤 21、实验操作考核：例如，在考核模式下，学生布设雨量筒如果没有遵循布设原则，系统会提示“布设错误”记录这一错误操作，并做扣分处理（图 69）。



图 69 雨量筒布设误操作提示

步骤 22、思考习题考核：学生在考核模式下，每当进行到实验关键知识点步骤时，软件会弹出与该知识点相关的思考题供同学们作答，答对得分答错记录并扣除相应分数（图 70）。



图 70 实验思考习题考核

步骤 23、查看实验报告：当学生做完考核模式下所有实验模块时，系统会自动在目录页生成【实验报告】入口，学生点击进入可以查看当前实验的操作情况和答题情况，最终以“操作分”加“答题分”的总和作为该学生的最终成绩，并给出“优秀、良好、中等、及格、不及格”5个等级作为老师考察学生操作虚拟实验效果的依据（图 71、72）。



图 71 实验报告（一）

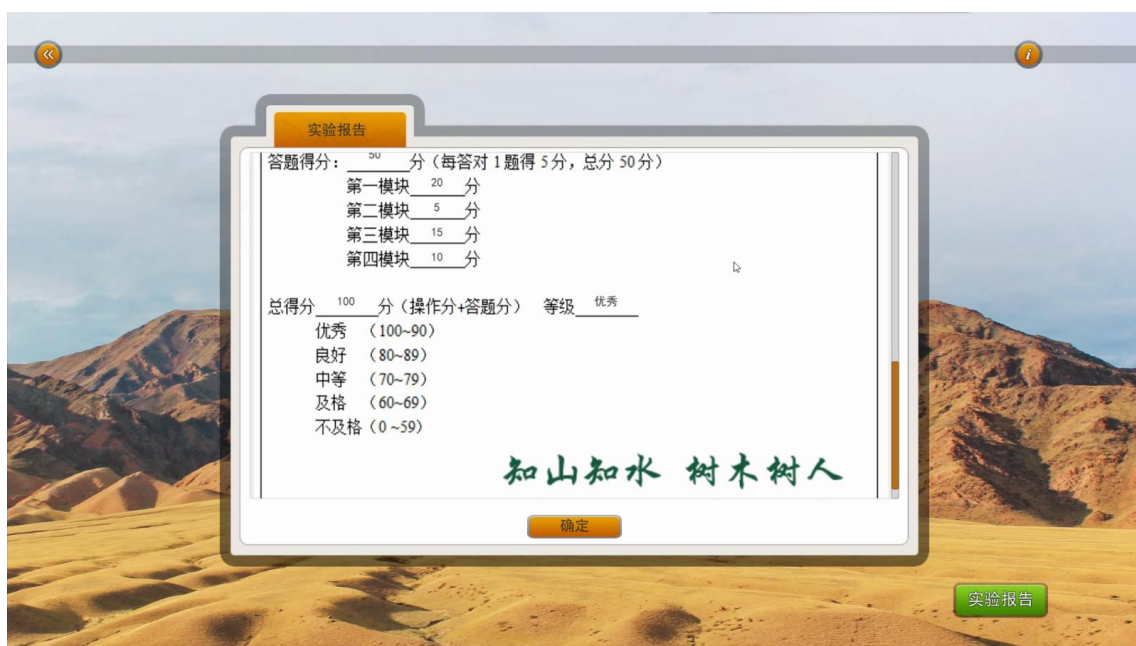


图 72 实验报告（二）

在线撰写实验报告：点击虚拟仿真实验平台主页的“实验报告”，在线撰写实验报告，应包含实验目的、方法、步骤、结果及数据分析（图 73）。此部分分为系统自动生成部分和学生自主编辑部分。教师线上批阅实验报告，在线指导学生。实验结束，退出系统。教师可以在网上发布成绩。



图 73 虚拟仿真实验平台在线撰写实验报告

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) 实验结果与论要求：实验报告 心得体会 其他__
- (3) 其他描述：

实验互动操作较多，其中实验互动操作较多，其中学生在实验操作中，应学生在实验操作中，应尤其注意以下互动步骤的正确性：

- 1) 在进行沟蚀制造时，学生应选择不同强度的降雨来进行模拟。
- 2) 在进行浅沟治理时，应注意选择在浅沟的不同部位都需进行措施布设。
- 3) 在进行沟道治理措施布设时需注意选择适当的沟道部位，防护坝、谷坊等有部位要求。
- 4) 选择防护坝时要根据坡度选择防护坝的形式，注意一定要保障防护坝的稳定。

5) 进行治理效果监测时要注意设置极端降雨情况, 检测治理措施的效果。

2-10 考核要求

从实验预习、实验操作、实验结果、实验报告等多个层次对学生的学习效果进行全面考核和综合评价。具体考核要求、评分细则和比例如表 2:

表 2 黄土高原沟道侵蚀过程与防治虚拟仿真实验教学项目考核要求

考核要求	考核内容	分值
实验预习 (15%)	知识点预习考察	10
	预习题目测试	5
实验操作 (40%)	实验流程步骤是否清楚	15
	工具的使用方法是否正确、规范	15
	对实验现象的观察是否仔细	10
实验结果 (15%)	数据分析、处理是否正确	15
实验报告 (30%)	实验目的、原理、实验步骤是否完整	10
	对实验结果的分析、讨论	10
	对实验的评价与建议是否完整	10
总分		100

(1) 实验预习: 重点考察学生是否按照任课教师要求, 提前完成网上预习, 对实验原理、知识点的掌握是否到位。教师通过系统理论测试的方式对实验预习的成绩加以评判。

(2) 实验操作: 学生按照实验演示模块系统提示要求完成相关操作任务, 然后在考核模块下, 无提示完成各实验步骤及关键技术操作。系统将根据实验步骤是否完整、工具使用是否正确以及相关问题的回答是否准确进行自动评分, 作为最终成绩的重要参考。

(3) 实验结果: 学生对实验结果的数据整理、统计分析方法等是否正确, 以此作为主要评判依据。

(4) 实验报告: 主要包括实验报告的完整性、学生对实验结果的分析讨论是否完善, 以及学生是否完成问卷调查、实验心得等。

2-11 面向学生要求

(1) 专业与年级要求

本虚拟仿真实验项目主要面向水土保持与荒漠化防治以及生态环境保护类相关专业的大学三年级和四年级的本科生；涉及的专业课程包括土壤学、测量学、地质地貌学、水文学、土力学等课程。同时也可作为“自然保护与环境生态类”其它专业（野生动物与自然保护区、农业资源与管理）、“林学类”和“草学类”等相关专业的本科生和相关学科研究生的学习课程。

(2) 基本知识和能力要求等

具备土壤学、测量学、地质地貌学、水文学、土力学等课程知识背景，对于水文学原理及水力学原理的知识内容基本掌握，已经掌握土壤侵蚀的基本理论，能熟练运用计算机完成虚拟仿真课程学习。

2-12 实验项目应用及共享情况

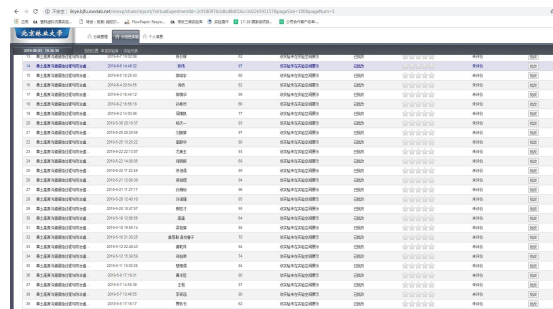
(1) 本校上线时间：2017年12月

(2) 已服务过的学生人数：300人，实验记录见图74、图75。



姓名	学号	课程名称	实验名称	实验日期	实验时长	实验得分
李思思	2016010101	水土保持学	黄土高原土壤侵蚀过程与防治	2018-01-01	30	85
王小明	2016010102	水土保持学	黄土高原土壤侵蚀过程与防治	2018-01-02	30	88
张小红	2016010103	水土保持学	黄土高原土壤侵蚀过程与防治	2018-01-03	30	82
赵国强	2016010104	水土保持学	黄土高原土壤侵蚀过程与防治	2018-01-04	30	86
孙丽娟	2016010105	水土保持学	黄土高原土壤侵蚀过程与防治	2018-01-05	30	89

图 74 2018 年学生使用记录



姓名	学号	课程名称	实验名称	实验日期	实验时长	实验得分
李思思	2016010101	水土保持学	黄土高原土壤侵蚀过程与防治	2019-01-01	30	85
王小明	2016010102	水土保持学	黄土高原土壤侵蚀过程与防治	2019-01-02	30	88
张小红	2016010103	水土保持学	黄土高原土壤侵蚀过程与防治	2019-01-03	30	82
赵国强	2016010104	水土保持学	黄土高原土壤侵蚀过程与防治	2019-01-04	30	86
孙丽娟	2016010105	水土保持学	黄土高原土壤侵蚀过程与防治	2019-01-05	30	89

图 75 2019 年学生使用记录

(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)(教学大纲请见附件)

(4) 是否面向社会提供服务：是 否

(5) 社会开放时间：2018年6月，已服务人数:约200人

本项目已对西北农林科技大学、西南林业大学学生进行了开放服务，教学效果良好。学生普遍反映，通过“黄土高原土壤侵蚀过程与防治虚拟仿真实验”，使自己可以通过远程学习学到北京林业大学学生所能学到的内容，所学知识生动真实地展示在了面前，对沟道侵蚀过程有了更加深刻和系统的认识，受益匪浅，自己的专业技能和专业认同感得到了显著提升。

3.实验教学项目相关网络要求描述

3-1 有效链接网址

<http://linye.bjfu.owvlab.net/virexp/stxy>

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)

- 基于公有云服务器的宽带要求, 5M-10M 带宽
- 基于局域网服务器部署的系统, 10M-50M 带宽

(2) 说明能够提供的并发响应数量 (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, 进行下一个预约队列。

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

(2) 其它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) 计算机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)

需要特定插件 是 否

(勾选是请填写) 插件名称 UnityWebPlayer 插件容量 7MB

下载链接 <http://oss.rainier.com.cn/unity/UnityWebPlayerFull5.3.8.exe>

(2) 其它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)

浏览器推荐使用谷歌 (Google Chrome) 浏览器 55.0 以上版本、火狐 (Firefox) 浏览器 50.0 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

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 内存： 8GB 硬盘空间： 100GB 图形处理器： NVIDIA® GeForce® GTX 960 显存： 2G 及以上 显示器： 16:9 分辨率 1280*720 及以上 网络带宽： 10Mbps 操作系统： Windows 7	中央处理器： Intel® Core™ i5-8500-3.0GHz-6 核 6 线程 内存： 16GB 硬盘空间： 500GB 图形处理器： NVIDIA® GeForce® GTX 1060 显存： 4G 及以上 显示器： 16:9 分辨率 1920*1080 网络带宽： 50Mbps 操作系统： Windows 10 浏览器： Chrome、Firefox、遨游、猎豹、 360、QQ、搜狗、Edge 等

(2) 其它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>黄土高原沟道侵蚀过程与防治虚拟仿真实验教学系统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，并通过平台提供的面向用户的智能指导、自动批改服务功能，尽可能帮助用户实现自主的实验，加强实验项目的开放服务能力，提升开放服务效果。</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>图 76 系统总体架构图</p>

如图 76 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功能。

(1) 数据层

黄土高原沟道侵蚀过程与防治虚拟仿真实验教学系统涉及到多种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、智能指导、互动交流、实验结果自动批改、实验报告管理、教学效果评价、项目开放与共享等，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。

		<p>(5) 应用层</p> <p>基于底层的服务，最终实现黄土高原沟道侵蚀过程与防治虚拟仿真实验教学与开放共享。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水保防治措施模型，设计各种典型实验实例，最后面向学校开展实验教学应用。</p>
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>Webplayer 技术</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 type="checkbox"/> Linux <input type="checkbox"/> 其他 具体版本_____
	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)	数据库 <input checked="" type="checkbox"/> Mysql <input type="checkbox"/> SQL Server <input type="checkbox"/> Oracle 其他_____
		备注说明 <u>(需要其他硬件设备或服务器数量多于 1 台时请说明)</u> _____
		单场景模型总面数：900000 面 贴图分辨率：1024*1024 动作反馈时间：1 秒以内 显示刷新率：30Hz (fps) 正常分辨率 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) 项目建设必要性和先进性

必要性: 沟道侵蚀及防治是一个系统工程,相关教学内容一直是北京林业大学国家级精品资源共享课和国家级精品视频公开课“土壤侵蚀原理”课程的重要知识点。野外实地考察数据对于沟道侵蚀实验极其重要,但近年自然气候变化无常,山洪、泥石流等自然灾害频发,野外实习工作事故多发,给野外实习教学工作带来极大困难。同时,由于实际生产中周期长、成本高、操作难度大,学生难以在短期内掌握从“沟道侵蚀发生”到“沟道侵蚀防治”的整个过程。鉴于以上两点,虚拟仿真实验的开展十分必要。

先进性: 从理念上来说,本项目将沟道侵蚀作为一个系统工程,将土壤侵蚀原理、水土保持工程学、流域综合治理等多方面的知识融合进来,使学生形成一个系统认知和学习,并能快速的学以致用,极大地缩短了课堂和实际应用之间的距离。从技术上来说,在360度全景拍摄的基础上创建了以真实黄土高原为参照的虚拟场景,运用三维建模、动画等技术手段,高度仿真了降雨、侵蚀发生过程和侵蚀治理等场景,使实验场景和实验对象更直观形象,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。

(2) 实验方案设计思路

通过虚拟仿真技术再现了沟道侵蚀发生和治理的真实场景,还原了降雨、坡面汇流、坡面侵蚀发生、沟道侵蚀发生发展、沟道侵蚀治理、沟道侵蚀测定、沟道侵蚀治理效果监测的操作全过程,重点展示了降雨后坡面侵蚀产流产沙过程、沟道发生发育过程以及淤地坝、梯田布设等沟道侵蚀治理关键技术。学习者通过该项目,不仅对沟道侵蚀发生过程全面地了解和掌握,而且还能熟练掌握、操作水土保持措施的布设。

(2) 教学方法

黄土高原沟道侵蚀过程与防治虚拟仿真实验教学以北京林业大学水土保持学院黄土高原土壤侵蚀治理方面的多项国家奖成果为核心,实现了科学研究成

果与实践教学充分融合。该系统依托虚拟现实、多媒体、人机交互、数据库和网络通讯等技术，再现沟道侵蚀发生和治理真实场景，将翻转课堂教学与学生自主学习相结合，形成“以学生为中心、虚实结合”的实验教学理念。教师通过提问、质疑等方式激发学生充分发挥想象，发掘学生的创造潜能，引导学生提高解决实际问题的综合能力。

(3) 评价体系完善

教学系统能够对参加实验学生的全过程进行记录，并能够随时进行实验指导，对于学生预习效果、实验步骤以及实验成绩评价都具备完善的评价标准，保证了评价的真实性和公正性。平台建立完善的反馈机制，对参加实验学生各方面的建议、评价与反馈信息，进行全面系统的统计分析，为指导教师改进和完善实验提供参考，提高教学效果。

(4) 传统教学的延伸与拓展

本实验解决了真实沟道侵蚀实验具有危险性、周期长、成本高等问题，将沟道侵蚀过程与防治实验从>5年周期缩短为4学时，弥补了由于实际生产条件下侵蚀发生和治理周期过长而难以完成实习环节的缺陷，摆脱了传统理论课程多媒体教学的束缚，对传统课堂教学进行了有效延伸和拓展，将传统的实验室、固定的上课时间延伸为泛在化的网络虚拟实验室和24小时在线的“空中课堂”，有效提高了教学质量，保障了人才培养的效果，促进了林学双一流学科建设。

本项目不仅供本校学生使用，还与西北农林科技大学、西南林业大学等高校共享，为整体提升水土保持与荒漠化防治专业人才培养提供了丰富的资源。面向社会开放运行，为水土保持企业培训提供了平台，也辐射带动了水保行业的发展。

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

1) 特色与创新资源项目建设和更新

满足课程需求：计划增加2门虚拟仿真实验课程，建立水土保持与荒漠化防治专业实验教学体系，帮助学生理解水土保持相关实验课程的相关理论。

满足专业需求：面向水土保持与荒漠化防治专业学生，系统掌握专业相关的理论基础知识，具备水土保持与荒漠化防治专业知识和应用能力，能从事技术指导、科学研究等方面的工作；

建设具有专业特色的虚拟仿真实验项目，增加器材种类、交互功能设计，满足教师和学生对于创新型实验的设计需求。

2) 开放式虚拟仿真管理平台建设和更新

增强平台对优质资源的共享能力和稳定性，满足更大的用户并发访问。加强虚实统一管理能力，结合我校虚拟仿真实际教学情况，建立校级开放式虚拟仿真管理平台。

3) 后续经费投入计划

在前期投入的基础上，计划再投入经费220万元，经费来源主要包括：林学一流学科建设和生态修复工程学高精尖学科，具体规划见表3：

表3 后续建设规划

序号	建设内容	经费投入(万元)
1	流域山水林田湖草综合治理虚拟仿真实验	60
2	山地灾害防治虚拟仿真实验	60
3	沟道侵蚀过程与防治虚拟仿真实验维护	20
4	开放式虚拟仿真管理平台建设	80
	合计	220

(2) 面向高校的教学推广应用计划

一方面，借助林学双一流学科建设，通过举办教学交流会等多种形式，与各兄弟院校、相关机构的对口院系进行虚拟实验资源项目建设思路、经验和成果的资源共享，共同推进水土保持相关课程的虚拟仿真教学建设，同时推广沟道侵蚀

发生与防治技术虚拟仿真教学系统,使各相关高校的学生能通过使用我们的建设成果,提升综合创新能力;

同时,综合应用多媒体、大数据、3D建模、人工智能、人机交互、虚拟现实、增强现实、云计算等网络化、数字化、智能化等信息技术手段,丰富虚拟仿真实验内容,优化土壤侵蚀原理实验教学体系;举办虚拟仿真实验技能大赛,鼓励本科生、研究生能参与到虚拟仿真实验教学系统的开发建设中来,促进和提升学生的专业实践能力和专业应用能力。

(3) 面向社会的推广与持续服务计划

沟道侵蚀治理是一门实践性很强的技术。本项目将不断补充、更新教学资源,面向社会提供免登录链接,提供教学训练所用资源;同时,将沟道侵蚀过程与防治虚拟仿真实验教学系统推广应用至各水土保持企业,面向定点企业提供岗前培训及考核服务,凡经平台考核合格的学员,均将获得由北京林业大学颁发的电子认定证书。届时所有从事水土保持行业在企业均可使用本项目,预计服务人员可达数十万人。

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	黄土高原沟道侵蚀过程与防治虚拟仿真实验系统
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	全部权利
登记号	2019SR0842632
软件著作权登记证书	 <p>中华人民共和国国家版权局 计算机软件著作权登记证书</p> <p>证书号：软著登字第4263389号</p> <p>软件名称：黄土高原沟道侵蚀过程与防治虚拟仿真实验系统 [简称：LPGEPAC XNFZSYXT] V1.0</p> <p>著作权人：北京林业大学</p> <p>开发完成日期：2019年07月04日 首次发表日期：2019年07月04日 权利取得方式：原始取得 权利范围：全部权利 登记号：2019SR0842632</p> <p>根据《计算机软件保护条例》和《计算机软件著作权登记办法》的规定，经中国版权保护中心审核，对以上事项予以登记。</p> <p>No. 04378368</p> <p>2019年08月13日</p>

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。）

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。）

（1）西南林业大学应用评价意见。

（2）西北农林科技大学应用评价意见。

3 教学大纲

4 科研成果支撑材料

5 教学成果支撑材料

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。

主管校领导（签字）：

（学校公章）

年 月 日

中共北京林业大学委员会

中共北京林业大学委员会

关于《黄土高原沟道侵蚀过程与防治虚拟仿真实验》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《黄土高原沟道侵蚀过程与防治虚拟仿真实验》进行了政治审查。经核查，该项目贯彻落实党的教育方针，符合落实立德树人根本任务要求，具有正确的政治方向与价值取向。

项目成员政治审查情况如下：

张志强，男，中共党员，水土保持学院院长。该同志思想上积极要求进步，政治上立场坚定，能够积极拥护中国共产党的领导，能够以党员的标准严格要求自己。工作上敬业勤恳，以身作则。具有高尚的师风师德，关心、爱护全体学生，尊重学生人格。诚实守信，具有精进的科研精神。

程金花，女，中共党员，水保学院教研室主任。该同志政治立场坚定，拥护党的路线方针政策，课程讲授符合教师规范，工作认真负责，无违法、违纪、违反学术规范情况。

王彬，男，中共党员。该同志政治立场坚定，热爱祖国，拥护党的路线方针政策，遵纪守法，具有良好的政治素质和职业道德，工作认真负责。



王云琦，女，中共党员，水保学院副院长。该同志政治立场坚定，拥护党的路线方针政策，思想上、政治上、行动上能够与党中央保持一致。具有良好的政治素养和职业道德，工作认真负责，勤恳敬业。

关颖慧，女，中共党员。该同志政治立场坚定，旗帜鲜明，拥护党的领导，遵守教师规范，工作认真负责，严于律己，宽以待人。遵守各项纪律规定。

马岚，女，中共党员。该同志思想上积极要求进步，政治上立场坚定，能够积极拥护中国共产党的领导，能够以党员的标准严格要求自己，学习能力、组织能力、动手能力强，待人友善，乐于助人，勤于思考，善于钻研，团队意识强。

陈立欣，女，中共党员。该同志政治立场坚定，热爱中国共产党，热爱社会主义，热爱教育事业，遵纪守法。工作认真负责，公平执教，尽职尽责，注重培养学生良好思想品德的养成。关心爱护学生，尊重学生的人格，耐心教导。

王平，男，中共党员。该同志政治立场坚定，能够积极拥护中国共产党的领导，认真学习并拥护党的各项路线方针政策，思想上、政治上、行动上能够始终与党中央保持一致。工作认真负责，积极进取，待人友善，团队意识强。

樊登星，男，中共党员。该同志政治立场坚定，思想上积极进取，严格要求自己，拥护党的路线方针政策。工作上坚持教书育人为本，积极主动，认真负责，勤勤恳恳。



张英，女，中共党员。该同志拥护党的路线、方针和政策，思想上、政治上、行动上同党中央保持一致。努力学习

党的创新理论，忠诚党的教育事业，思想政治觉悟高。坚持立德树人，以身作则，率先垂范，关心学生全面成长，深受师生好评。

特此说明！




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	郑炜	性 别	男	民 族	汉
出生年月	1992.09.15	政治面貌	中共党员	职 务	无
工作单位	北京润尼尔网络科技有限公司		联系电话	18810642107	
项目名称	黄土高原沟道侵蚀过程与防治虚拟仿真实验				
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。				
<p>同意。</p> <div style="text-align: center;">  <p>北京润尼尔网络科技有限公司（代章）：</p> <p>签字： </p> <p>2019 年 月 日</p> </div>					

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	林奕州	性 别	男	民 族	汉
出生年月	1995.01.30	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	13621230525		
项目名称	黄土高原沟道侵蚀过程与防治虚拟仿真实验				
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：[Handwritten Signature] 2019年9月2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	黎特为	性 别	男	民 族	汉
出生年月	1994. 10. 15	政治面貌	团员	职 务	无
工作单位	北京润尼尔网络科技有限公司		联系电话	18701616715	
项目名称	黄土高原沟道侵蚀过程与防治虚拟仿真实验				
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：李峰 2019 年 月 日					

应用评价

我院水土保持与荒漠化防治本科专业于 2018-2019 学年已应用北京林业大学“黄土高原沟道侵蚀过程与防治虚拟仿真实验”平台进行实验。该平台对本校“土壤侵蚀原理”、“水土保持工程学”等课程的教学实习实验提供了强有力的支撑，节省了实验成本，使学生认识了沟道侵蚀的完整过程，保障了实验效果，取得了较好的实践效果。

依托北京林业大学该实验平台，培养学生约 100 人次，大大提高了教学质量和学生实践能力。



应用评价

我校水土保持与荒漠化防治本科专业于 2018-2019 学年已应用北京林业大学“黄土高原沟道侵蚀过程与防治虚拟仿真实验”平台进行实验。该平台对本校“土壤侵蚀原理”、“水土保持工程学”等课程的教学实习实验提供了强有力的支撑,节省了实验成本,使学生认识了沟道侵蚀的完整过程,保障了实验效果,取得了较好的实践效果。

依托北京林业大学该实验平台,大大提高了教学质量和学生实践能力。

西北农林科技大学
资源环境学院
2019年8月26日

附件3 教学大纲及课程计划

《土壤侵蚀原理》

课程代码: t02a0154t1
学时数: 32 (讲课 24 实验 8 实习: 0.5 周)
课程类别: 专业核心课
主讲教师: 张志强 程金花 张洪江 王彬 关颖慧
编写日期: 2017 年 2 月 20 日



一、课程性质和目的

1.课程性质

《土壤侵蚀原理》课程是水土保持与荒漠化防治专业本科生的专业基础课,属专业核心课。

2.主要目的

本课程为水土保持与荒漠化防治专业本科生学习专业课的基础,通过本课程的学习,建立起土壤侵蚀、土壤侵蚀类型、土壤侵蚀形式及其有关的基本概念,具备土壤侵蚀的基本理论,掌握土壤侵蚀发生发展的基本规律,掌握并能运用土壤侵蚀监测、预报和土壤侵蚀研究的基本技能。为学习后继课程以及从事与本专业有关的工作奠定坚实的基础。

二、课程教学内容、学时分配

1 绪论 (1 学时)

- (1) 土壤侵蚀危害;
- (2) 研究的意义及其与其他学科间的关系
- (3) 土壤侵蚀的历史;
- (4) 研究前沿问题。

2 土壤侵蚀类型 (讲课 2 学时)

- (1) 土壤侵蚀及其与水土流失关系,导致土壤侵蚀的营力;
- (2) 土壤侵蚀形式,水力侵蚀(雨滴击溅侵蚀,面蚀,沟蚀,山洪侵蚀,海岸浪蚀及库岸浪蚀),风力侵蚀,重力侵蚀,混合侵蚀,冻融侵蚀,冰川侵蚀,化学侵蚀。
- (3) 土壤侵蚀程度及强度,土壤侵蚀量与土壤流失量,土壤侵蚀程度,土壤侵蚀强度,容许土壤流失量

3 水力侵蚀 (讲课 4 学时, 实验 8 学时)

- (1) 水力侵蚀作用原理:侵蚀基本过程,侵蚀应力等。
- (2) 雨滴击溅侵蚀:雨滴特性,溅蚀过程及溅蚀量,影响溅蚀的因素。
- (3) 坡面侵蚀:坡面径流形成,坡面冲刷基本公式,坡面侵蚀过程与分类,影响因素。
- (4) 沟蚀:侵蚀沟的形成及分类,侵蚀沟的发育,洪流与泥沙输移,沟蚀发育的影响因素。
- (5) 山洪:山区洪水类型,山洪时空分布,影响山洪因素,山洪侵蚀特征,山洪沉积物特征
- (6) 水力侵蚀防治:治理原则、治理措施及布设

4 风力侵蚀 (讲课 2 学时)

- (1) 风力侵蚀作用原理:风沙运动,近地层风的性质,沙粒的运动,风沙流及其结构特征。
- (2) 风蚀与风积作用,风蚀与风积作用的概念,风沙蚀积作用与沙丘的运动。
- (3) 沙漠化的类型及其影响因素,沙漠化的有关概念概念,沙漠化的影响因素。

(4) 沙尘暴, 沙尘暴的概念, 沙尘暴的形成因素

5 重力侵蚀 (讲课 2 学时)

- (1) 重力侵蚀作用力分析, 坡面重力侵蚀作用, 坡面重力侵蚀应力。
- (2) 崩塌, 崩塌作用方式, 崩塌分类, 崩塌的形成条件。
- (3) 滑坡, 滑坡的力学机制及滑坡形成条件, 滑坡类型及其发展阶段, 影响滑坡因素的分析。
- (4) 蠕动, 蠕动特征, 松散层蠕动(土屑或岩屑蠕动), 基岩岩层蠕动。
- (5) 陷穴与泻溜, 陷穴形成机制、分布与类型。

6 混合侵蚀 (讲课 2 学时)

- (1) 泥石流的形成、分布及分类, 我国泥石流的分布, 泥石流分类。
- (2) 泥石流的物质组成, 容重及粒度组成, 粘土矿物与泥石流的关系。
- (3) 泥石流特征, 发生特征, 泥石流流态特征, 泥石流的搬运特征, 泥石流堆积物宏观特征。
- (4) 泥石流输移和冲淤变化, 泥石流的输移特性, 泥石流的冲淤方式及冲淤变化。

7 冻融侵蚀与冰川侵蚀 (讲课 1 学时)

- (1) 冻融侵蚀, 冻土作用机制, 冻土层中地下冰和地下水, 冻土地表类型, 热融作用。
- (2) 冰川侵蚀, 冰川的分布与类型, 冰川运动, 冰川侵蚀过程。

8 化学侵蚀 (讲课 2 学时)

- (1) 岩溶作用的基本条件, 岩石的可溶性, 岩石的透水性, 水的溶蚀力, 水的流动性。
- (2) 淋溶侵蚀与土地次生盐渍化, 土壤的透水性, 水分垂直运动对土壤可溶性物质的影响, 土壤钙积层及其对土地生产力的影响, 土地次生盐渍化。

9 我国土壤侵蚀类型分区 (讲课 4 学时)

- (1) 土壤侵蚀类型分区, 目的意义与任务, 分区原则, 土壤侵蚀分区。
- (2) 土壤侵蚀分区命名和分区系统
- (3) 以水力侵蚀为主的类型区(III)。
- (4) 以风力侵蚀为主的类型区(I)。
- (5) 以冻融及冰川侵蚀为主的类型区(II)。

10 土壤侵蚀调查与评价 (讲课 2 学时)

- (1) 土壤侵蚀调查目的及手段; 调查步骤。
- (2) 水力侵蚀调查, 面蚀, 沟蚀程度调查与强度判定, 山洪侵蚀调查。
- (3) 风力侵蚀调查, 输沙量及风沙流结构调查, 沙丘移动状况, 风蚀成因调查。
- (4) 重力侵蚀调查, 重力侵蚀形式及程度, 重力侵蚀发生发展强度。
- (5) 混合侵蚀调查, 混合侵蚀发生条件, 混合侵蚀发生发展趋势判定。
- (6) 冻融侵蚀与冰川侵蚀调查, 冻融侵蚀调查, 冰川侵蚀调查。
- (7) 化学侵蚀调查, 岩溶侵蚀, 淋溶侵蚀, 土壤次生盐渍化。
- (8) 土壤侵蚀的综合分析与评价, 土壤侵蚀调查报告, 图面资料整理。

11 土壤侵蚀监测与预报模型 (讲课 2 学时)

- (1) 土壤侵蚀监测预报概述: 监测预报的原则, 监测预报分类, 监测预报的指标体系, 监测预报成果, 监测预报网络系统, 监测预报技术标准。
- (2) 监测预报方法与程序: 资料准备与野外作业, 数据处理, 专题指标提取, 模型建立与结果生成。
- (3) 土壤侵蚀预报模型概述: 经验模型, 数理模型, 随机模型, 混合模型, 专家打分模型, 逻辑判断模型。
- (4) 主流土壤侵蚀模型操作: USLE、RUSLE2 和 WEPP 模型的基础操作与介绍。



12 实验教学内容及基本要求（8学时，其中虚拟仿真实验4学时）

- (1) 土壤基本物理性质测定（4学时）
- (2) 黄土高原沟道侵蚀虚拟仿真实验（4学时）

三、课程的考核方式

本课程期末考试形式采用闭卷笔试形式，考试题型分为：简答、论述、系统分析和计算题。总评成绩由平时成绩和期末成绩组成，其中平时成绩占 20%--30%，期末考试占 80%--70%。实习考核方式为撰写实习报告，并结合实习中的表现给定成绩。

四、建议教材与教学参考书

教材

张洪江 程金花 主编，《土壤侵蚀原理》（第3版），科学出版社，2014

教学参考书

1. 关君蔚主编，《水土保持原理》，中国林业出版社，1997
2. 王礼先主编，《水土保持学》，中国林业出版社，1996
3. Terrence J. Toy 主编，《Soil Erosion》，New York Press, 2002
4. N. Hudson 主编，《Soil Conservation》，London Press, 1982

执笔人：程金花 审核人：张洪江 教学院长：王云婷 院长：张志强



2015 级水土保持与荒漠化防治专业教学计划表

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。																
通识教育平台 通识必修课程	18001630	马克思主义基本原理概论	44	36	8	0	0.25	3				44					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)					马院
	18001650	中国近现代史纲要	44	36	8	0	0.25	3		44							马院
	18001660	思想道德修养与法律基础	40	32	8	0	0.5	3	40								马院
	18001671-6	形势与政策	48	24	12	12		3	8	8	8	8	8	8			马院
	1800211-2	大学英语	96	96	0	0		6	48	48							外语院
	17001041-4	体育	144	104	0	40		9	36	36	36	36					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。学生在第3-6学期选课, 每个模块选修1门课程, 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)	15000080	C语言	56	40	0	16		3.5	56								信息院
	15004551-2	高等数学B	144	122	22	0		9.0	72	72							理学院
	15017900	线性代数B	32	28	4	0		2.0		32							理学院
	15004430	概率论与数理统计B	56	56	0	0		3.5			56						理学院
	15017350	无机及分析化学	56	48	0	8		3.5	56								理学院
	15011570	气象学	32	24	0	8		2.0		32							林学院
	15011590	气象学(实习)					0.5	0.5		(0.5)							林学院
	18002880	地质地貌学	40	32	0	8		2.5		40							水保院
	18000260	地质地貌学(实习)					1	1.0		(1)							水保院
	15001350	测量学B	32	16	0	16		2.0		32							林学院
15001370	测量学A(实习)					1	1		(1)							林学院	

	15013790	生态学 A	40	40	0	0		2.5		40						林学院		
	15013800	生态学 A (实习)					1	1.0		(1)						林学院		
	15015070	树木学 B	40	20	0	20		2.5			40					保护区		
	15015070	树木学 B (实习)					1	1.0			(1)					保护区		
	15016780	土壤学 A	32	20	0	12		2.0		32						林学院		
	15016790	土壤学 A (实习)					0.5	0.5		(0.5)						林学院		
	15004980	工程力学 A	56	52	0	4		3.5			56					工学院		
		土力学	40	34	0	6		2.5			40					水保院		
	18002900	水力学 B	56	48	0	8		3.5			56					水保院		
	18001590	水文学 (含工程水文计算)	48	48	0	0		3.0			48					水保院		
	18001600	水文学 (含工程水文计算) (设计)					1	1.0			(1)					水保院		
专业教育平台	专业核心课 (必修)	18002910	土壤侵蚀原理	32	24	0	8		2			32 (含 4 学时虚拟仿真实验)				水保院		
			土壤侵蚀原理 (实习)					1	1.0			(1)					水保院	
		18002920	水土保持工程学	56	56	0	0		3.5				56				水保院	
		15015830	水土保持工程学 (课程设计)					1	1.0				(1)				水保院	
		18002930	林业生态工程学 A	56	56	0	0		3.5					56			水保院	
		15009970	林业生态工程学 A (课程设计)					1	1.0					(1)			水保院	
		18002940	荒漠化防治学	48	48	0	0		3.0				48				水保院	
		18003240	荒漠化防治学 (实习)					1	1.0					(1)			水保院	
		18002950	流域综合治理	56	56	0	0		3.5					56			水保院	
		18002960	流域综合治理 (课程设计)					1	1.0					(1)			水保院	
		18003550	水利水电工程制图	56	56	0	0		3.5				56				水保院	
		18003560	水利水电工程制图 (设计)					1.5	1.5				(1.5)				水保院	
				综合科研实践					4	4.0					(4)			水保院
		专业选修课		水土保持前沿讲座	32	32	0	0		2.0				16	16			水保院
			18002980	生态修复工程学	32	32	0	0		2.0					32			水保院
				生态修复工程学 (实习)					0.5	0.5					(0.5)			水保院
18002990	草场经营与牧草栽培		32	32	0	0		2.0				32				水保院		
15020320	植物地理学 B		24	24	0	0		1.5				24				水保院		
15020430	植物生理学 B		48	34	0	14		3.0			48					生物院		
15012900	森林计测学 B		16	16	0	0		1.0				16				林学院		
15015880	水土保持经济植物学		32	32	0	0		2.0					32			水保院		
15015890	水土保持经济植物学 (实习)						0.5	0.5					(0.5)			水保院		
15022160	综合自然地理学		24	24	0	0		1.5				24				水保院		
18003000	全球变化与地表过程	32	24	0	8		2.0			32					水保院			

	15016590	土地资源学		32	32	0	0		2.0			32						水保院	
	18003010	GIS与空间分析B		48	32	0	16		3.0		48							水保院	
	18003020	生物地球化学		40	32	0	8		2.5		40							水保院	
	18003030	环境遥感B		32	16	0	16		2.0		32							水保院	
	18003040	水土保持室内实验技术方法		32	0	0	32		2.0			32						水保院	
		钢筋混凝土学	至少选修32学分(本专业≥24学分)	24	16	0	8		1.5				24					水保院	
	18003050	水文地质与工程地质		32	24	0	8		2.0				32					水保院	
	18003060	环境影响评价B		32	32	0	0		2.0				32					水保院	
	18003070	环境影响评价B(课程设计)						0.5	0.5				(0.5)					水保院	
	18003080	山地灾害防治工程		40	40	0	0		2.5				40					水保院	
	18003090	山地灾害防治工程(课程设计)						0.5	0.5				(0.5)					水保院	
	18003100	生产建设项目水土保持B		32	32	0	0		2.0				32					水保院	
	18003110	生产建设项目水土保持(课程设计)						0.5	0.5				(0.5)					水保院	
		水土保持监测		24	20	0	4		1.5			24						水保院	
	15015800	水土保持工程概预算		16	16	0	0		1.0			16						水保院	
	15015810	水土保持工程概预算(课程设计)						0.5	0.5				(0.5)					水保院	
	15011190	农地水土保持		32	32	0	0		2.0				32					水保院	
	15011200	农地水土保持(课程设计)						0.5	0.5				(0.5)					水保院	
	18003120	灌溉与排水工程		32	32	0	0		2.0				32					水保院	
	18003130	灌溉与排水工程(课程设计)						0.5	0.5				(0.5)					水保院	
	15021710	专业英语		32	32	0	0		2.0			32						水保院	
	18003140	水土保持试验设计		32	32	0	0		2.0			32						水保院	
	18003150	水土保持试验设计(课程设计)						0.5	0.5				(0.5)					水保院	
	18003160	水资源计算与管理		32	24	0	8		2			32						水保院	
	18003170	城市雨洪控制与利用		24	16	0	8		1.5			24						水保院	
	毕业论文(设计)								8								✓	✓	水保院
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		✓	✓							水保院
	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								✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		水保院
	15002351-2	创新及就业指导课程体系										✓				✓			招就处
	17000900	创新创业教育	根据《北京林业大学本科创新创业学分管理与应用办法(试行)》执行								✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		

必修课合计	1792	1550	78	164	18.5	130.5	316	512	252	278	248	256	169	0
选修课合计	840	710	0	130	4.5	57	0	0	184	88	320	312	0	0
必修实践环节合计	—	—	—	—	—	43.25	—	—	—	—	—	—	—	—
毕业生应取得总学分	189.5				公共选修课学分		9 (占总学分 5.92%)							
					通识必修课学分		46 (占总学分 21.32%)							
					暑期学期学分		3 (占总学分 1.69%)							
					学科基础教育平台学分		49.5 (占总学分 26.51%)							
					专业核心课学分		31 (占总学分 13.54%)							
					本专业选修课学分		≥24 (占总学分 13.54%)							
					跨专业选修课学分		≤8 (占总学分 4.51%)							
					综合科研实践		8 (占总学分 4.51%)							
					毕业论文(设计)学分		8 (占总学分 4.51%)							
综合拓展环节学分		7 (占总学分 3.95%)												

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。

附件 4 黄土高原水土保持相关科研成果

1. 高志义, 等. “黄土高原昕水河流域生态经济型防护林体系建设模式研究” 获国家科技进步二等奖 (J-202-2-01-D01);
2. 朱金兆, 等. “黄土高原与华北土石山区防护林体系综合配套技术” 获国家科技进步二等奖 (2002-J-202-2-01-D01);
3. 朱金兆, 等. “北方防护林经营理论、技术与应用” (2008-J-202-2-07-D03)
4. 张志强, 等. “森林恢复生态水文响应研究” 获教育部自然科学奖二等奖



附件5 黄土高原土壤侵蚀教材建设与教学改革成果

由北京林业大学主编的《土壤侵蚀原理》、《土壤侵蚀原理（第2版）》、《土壤侵蚀原理（第3版）》、《水土保持学》等教材一直是全国高等农林院校的主要学习教材，被全国各大林业院校长期使用。

本教学团队一直致力于教学改革，在课程建设、实验实践课程改革、创新人才培养等方面取得了丰硕的成果，在《中国林业教育》等期刊发表了一系列教学改革论文。

