

# 第二批国家级一流本科课程申报书

## ( 虚拟仿真实验教学课程 )

课程名称：暴雨山洪灾害的发生与防治  
虚拟仿真实验

专业类代码：0811

负责人：王 洁

联系电话：025-58695622

申报学校：南京信息工程大学

填表日期：2021 年 5 月 12 日

推荐单位：江苏省教育厅

中华人民共和国教育部制

二〇二一年五月

## 填报说明

1.专业类代码指《普通高等学校本科专业目录（2020）》中的专业类代码（四位数字）。

2.文中○为单选；□可多选。

3.团队主要成员一般为近5年内讲授该课程教师。

4.文本中的中外文名词第一次出现时，要写清全称和缩写，再次出现时可以使用缩写。

5.具有防伪标识的申报书及申报材料由推荐单位打印留存备查，国家级评审以网络提交的电子版为准。

6.涉密课程或不能公开个人信息的涉密人员不得参与申报。

## 1. 基本情况

|                  |   |        |  |
|------------------|---|--------|--|
| 实验名称             | 暴雨山洪灾害的发生与防治虚拟仿真实验  | 是否曾被推荐 | <input type="radio"/> 是 <input checked="" type="radio"/> 否 |
| 实验所属课程<br>(可填多个) | 山洪泥石流预警预报；水文预报  |        |  |
| 性质               | <input type="radio"/> 独立实验课 <input checked="" type="radio"/> 课程实验   |        |  |
| 实验对应专业           | 水文与水资源工程；大气科学（水文气象）   |        |  |
| 实验类型             | <input type="radio"/> 基础练习型 <input checked="" type="radio"/> 综合设计型 <input type="radio"/> 研究探索型 <input type="radio"/> 其他   |        |  |
| 虚拟仿真必要性          | <input checked="" type="checkbox"/> 高危或极端环境 <input checked="" type="checkbox"/> 高成本、高消耗 <input checked="" type="checkbox"/> 不可逆操作<br><input checked="" type="checkbox"/> 大型综合训练 |        |  |
| 实验语言             | <input checked="" type="radio"/> 中文<br><input type="radio"/> 中文+外文字幕（语种） <input type="radio"/> 外文（语种）   |        |  |
| 实验已开设期次          | 共 2 次：<br>1. 2020 年春季学期，95 人；<br>2. 2020 年秋季学期，74 人。  |        |  |
| 有效链接网址           | （要求填写标准 URL 格式的实验入口网页，不允许仅为文件下载链接）<br><a href="http://xnfz.nuist.edu.cn/exp/2.html">http://xnfz.nuist.edu.cn/exp/2.html</a>   |        |  |

## 2. 教学服务团队情况

| 2-1 团队主要成员（含负责人，总人数限 5 人以内） |     |         |          |          |     |             |                        |      |
|-----------------------------|-----|---------|----------|----------|-----|-------------|------------------------|------|
| 序号                          | 姓名  | 出生年月    | 单位       | 职务       | 职称  | 手机号码        | 电子邮箱                   | 承担任务 |
| 1                           | 王洁  | 1984.07 | 南京信息工程大学 | 院长助理/系主任 | 副教授 | 15951666549 | wangjie0775@163.com    | 项目策划 |
| 2                           | 于志国 | 1982.12 | 南京信息工程大学 | 教学院长     | 教授  | 13390914662 | yuzhiguoiae@126.com    | 方案设计 |
| 3                           | 黄鹏年 | 1986.11 | 南京信息工程大学 | 无        | 讲师  | 15951990472 | huangpengnian@qq.com   | 模块设计 |
| 4                           | 闫桂霞 | 1982.07 | 南京信息工程大学 | 无        | 副教授 | 15850515782 | guixiayan@nuist.edu.cn | 脚本撰写 |
| 5                           | 马燮铤 | 1963.02 | 南京信息工程大学 | 原院长      | 教授  | 18851778280 | xyma@nuist.edu.cn      | 模块分解 |

|  |     |         | 大学           |           |     |               |  |
|--|-----|---------|--------------|-----------|-----|---------------|--|
| 2-2 团队其他成员   |     |         |              |           |     |               |  |
| 序号   | 姓名  | 出生年月    | 单位           | 职务        | 职称  | 承担任务          |  |
| 1  | 魏玲娜 | 1981.06 | 南京信息工程大学     | 无         | 讲师  | 在线教学服务        |  |
| 2  | 尹义星 | 1974.07 | 南京信息工程大学     | 无         | 副教授 | 在线教学服务        |  |
| 3  | 葛 慧 | 1981.08 | 南京信息工程大学     | 无         | 讲师  | 在线教学服务        |  |
| 4  | 白晓静 | 1987.02 | 南京信息工程大学     | 无         | 讲师  | 在线教学服务        |  |
| 5  | 朱 晔 | 1987.12 | 南京信息工程大学     | 无         | 讲师  | 在线教学服务        |  |
| 6  | 张小辉 | 1977.05 | 南京信息工程大学     | 无         | 实验师 | 在线教学服务        |  |
| 7  | 伍致明 | 1996.11 | 南京恒点信息技术有限公司 | U3D 研发工程师 | /   | 技术开发          |  |
| 8  | 孙 郑 | 1999.04 | 南京恒点信息技术有限公司 | 课程策划      | /   | 服务支持          |  |
| 9  | 何 欣 | 1990.01 | 南京恒点信息技术有限公司 | UI 设计师    | /   | 效果设计          |  |
| 10   | 朱 军 | 1977.09 | 南京恒点信息技术有限公司 | U3D 场景美术师 | /   | unity 3D 场景设计 |  |
| 团队总人数：15 人；其中高校人员数量：11 人、企业人员数量：4 人。   |     |         |              |           |     |               |  |
| 2-3 团队主要成员教学情况（限 500 字以内）  |     |         |              |           |     |               |  |
| <p>（近 5 年来承担该实验教学任务情况，以及负责人开展教学研究、学术研究、得教学奖励的情况）</p> <p>本教学团队于 2014 年承担山洪泥石流预警预报及实验的讲授和教研工作，已完成 12 轮教学任务，自主研发多项山洪灾害防治创新成果，在水利与气象行业应用良好。负责人王洁，日本博士毕业，成功申报水利工程学硕点、水文气象博士</p> |     |         |              |           |     |               |  |

点、土木水利专硕点。

### 教研

1.省级重点大学生创新创业训练项目,气候变化背景下退耕还林与土壤湿度变化的相互作用机制研究;

2.暴雨山洪灾害的发生与防治虚拟仿真实验项目;

3.全国水利类专业青年教师讲课竞赛二等奖;

4.华维杯首届全国大学生农业水利工程及相关专业创新设计大赛三等奖;

5.第六届全国大学生水利创新设计大赛二等奖。

### 科研

1.河北省重点研发计划,基于天气雷达和动态阈值的山洪灾害预警技术研究;

2.国家自然科学基金,考虑植被时空动态的流域分布式水沙模型研究及应用;

3.国家自然科学基金,江淮流域极值降水发生时间的特征及其与区域水分循环变异的关系;

4.河北省气象局项目3项,山洪动态阈值研究、河北省山洪灾害风险区划、河北省山洪灾害生态风险预警评估模型构建。

### 论文

1.Modeling Hydrological Appraisal of Potential Land Cover Change and Vegetation Dynamics under Environmental Changes in a Forest Basin(SCI 二区);

2.Attribution Analyses of Impacts of Environmental Changes on Streamflow and Sediment Load in a Mountainous Basin, Vietnam(SCI 二区);

3.高师自然地理课程中的科学思维及其培养,地理教学;

4.立足水文气象专业,优化水文测验实习,文教资料。

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

### 3. 实验描述

#### 3-1 实验简介（实验的必要性及实用性，教学设计的合理性，实验系统的先进性）

##### （一）实验设计背景

暴雨山洪灾害是我国“十三五”及“十四五”计划重点要解决的水文气象灾害，也是近年来国内外研究的热点问题，目前水利与气象部门都亟需深刻理解山洪灾害动态过程及熟悉灾害防治等方面经验的学生和人才。

南京信息工程大学是国家“双一流”建设高校，是江苏高水平大学建设重点支持高校，水利工程学科是学校重点培育学科，依托大气科学全国双一流建设学科发展迅速，泰晤士高等教育学科评级中心评为A级学科，2021年入选软科世界双一流学科排行榜。水利工程学科集中了一批国内外在水文气象防灾减灾具有一定影响力的专业人才，开发了“三张图”山洪灾害预警系统，在山洪灾害预警与防治措施研究方面一直处于国内外领先水平。

依托江苏省“地球科学虚拟仿真实验教学共享平台”，在“能实不虚，虚实融合”的实践教学理念指导下，坚持对虚拟仿真实验教学平台、课程体系等方面积极进行教学改革和探索，开发了暴雨山洪灾害的发生与防治虚拟仿真实验教学系统，该系统深入浅出地解释说明了水文气象条件对山洪灾害发生的影响机制，学生可以自主设计不同防治措施应对山洪灾害，受到师生一致好评。



图 3-1 山洪灾害防治及人才培养迫在眉睫

##### （二）实验设计的必要性

###### 1) 暴雨山洪灾害防治人才培养迫在眉睫

暴雨山洪灾害突发性强，破坏力大，造成损失巨大，预报预警难，且多发生在偏远山区，交通不便、通讯不畅，是我国防汛工作的难点和薄弱环节，已成为我国防灾减灾工作中的一个突出问题。全国每年因山洪灾害死亡几千人，占洪涝灾害死亡人数的70%左右，因此必须把防治山洪灾害摆在重要位置。因此，目前气象、水文、地质部门亟需有实际山洪防治经验的人才，而实际中，培育具有山洪防治实践经验的人才周期长、危险大、花费高，困难重重。开展不同水文气象

条件下暴雨山洪灾害发生与防治的虚拟仿真实验教学，培养具有山洪灾害防治实践经验的人才是非常必要的。

### 2) “厚基础，强实践，重创新，高素质”人才培养的要求

南京信息工程大学《山洪泥石流预警预报》是水文与水资源工程专业和水文气象专业的专业特色课程，主要培养山洪泥石流预警预报方面的复合型人才，其实验模块是培养学生实践动手能力的重要环节，其中暴雨山洪灾害的发生与防治是重要的实验项目，重点讲授山洪灾害发生的成因与机理、山洪防治的措施，实际实验中，只能对暴雨山洪进行前期的降雨测量、土壤湿度测量、河流水位流量测量的实验，而具体的山洪防治训练只能在野外空讲，很难培养具有实践动手能力的山洪防治人才，本教学团队，基于多年山洪预警与防治方面的教学科研工作，立足“厚基础、强实践”的人才培养传统，精心设计了本虚拟防治实验，可以高效、精准培养学生山洪灾害防治实践的能力。

### 3) 突发性、破坏力强、危险性高的暴雨山洪灾害事件不可重复

山洪灾害突发性强，破坏力大，预报预警难，且多发生在偏远山区，交通不便、通讯不畅，是我国防汛工作的难点和薄弱环节。因此，实际教学中，不可能在真实环境事件时去还原危险大、破坏强的突发山洪灾害动态过程，必须借助虚拟仿真技术来还原真实的山洪暴发场景，基于实测暴雨山洪数据，利用最新暴雨山洪预警预报技术构建一个暴雨山洪防治的虚拟仿真实验。

山洪灾害是我国洪涝灾害致人死亡的主要灾种：20世纪90年代，全国每年因山洪灾害死亡1900~3700人，约占洪涝灾害死亡人数的62%~69%；2000—2010年，山洪灾害死亡人数平均每年1079人，占洪涝灾害死亡人数的65%~92%（其中2010年为92%，死亡失踪3887人）；2011—2015年山洪灾害年均死亡人数400人，占洪涝灾害死亡人数的60%~75%。山洪灾害防治任重道远。

表 3-1 部分暴雨山洪灾害及损失

| 受灾时间           | 受灾地点             | 水文气象及受灾情况  |
|----------------|------------------|--|
| 2005年6月10日     | 黑龙江宁安市沙兰镇降特大暴雨   | 3小时降雨量120mm，暴雨频率为200年一遇，沙兰镇断面洪峰流量850m <sup>3</sup> /s，洪量约900万m <sup>3</sup> ，此次山洪灾害造成117人死亡，其中小学生105人。 |
| 2006年7月14日至17日 | 湖南东南部、广东东北部、福建南部 | 受第4号强热带风暴“碧利斯”外围云系影响引发超强暴雨，最大24小时、12小时降雨分别为343mm、311mm，约500年一遇，暴雨山洪造成618人死亡、114人失踪，其中湖南省死亡417人、失踪109人。 |
| 2010年8月7日      | 甘肃甘南藏族自治州舟曲县     | 突发强降雨，县城北面的罗家峪、三眼峪山洪泥石流下泄，由北向南冲向县城，造成沿河房屋被冲毁，泥石流阻断白龙江、形成堰塞湖，特大山洪泥石流灾害造成1501人死亡、264人失踪。                 |

### （三）实验系统的实用性

#### 1) 高效、精准培养学生山洪灾害防治实践的能力，实用性强。

为了培养山洪泥石流预警预报方面的复合型人才，南京信息工程大学水文与水资源工程专业和大气科学专业开设了《山洪泥石流预警预报》专业特色课程，其中暴雨山洪灾害的发生与防治是重要的实验项目，重点讲授山洪灾害发生的成因与机理、山洪防治的措施，**实际实验中**，只能对暴雨山洪进行前期的降雨测量、土壤湿度测量、河流水位流量测量的实验，而具体的山洪防治训练只能在野外空讲，很难培养具有**实践动手能力**的山洪防治人才，而本虚拟防治实验可以**高效、精准**培养学生山洪灾害防治实践的能力，实用性强。

#### 2) 规避了实体实验的高危险性，突破了暴雨山洪突发性、不可重复性等特点，实用性好。

学生通过虚拟仿真技术与人机交互功能，在具有沉浸感、临场感的实验场景中，规避了实体实验的高危险性；同时突破了暴雨山洪突发性、不可重复性的特点，学生在虚拟山洪灾害环境中，可以不断重复山洪灾害的发生、不断改变山洪灾害发生的水文气象条件、不断推倒失败的山洪防治措施再次重建，提升自主学习兴趣，从直观中感悟抽线，进而加深暴雨山洪灾害的发生机理、不同山洪防治措施防洪效果的理解，快速掌握山洪防灾减灾的技术手段及山洪防治方案综合设计的思路和流程，有效促进学生多学科、多知识点的融合贯通，最终提高学生山洪灾害防灾减灾的能力和水平。

#### 3) 实验成本低、效率高，具有大规模在线开放共享能力，受众面广，实用性强。

本实验项目运行基于网络环境，可以突破时间、空间和资源使用的限制，提供远程在线交互操作和教学支持服务，自身具备较好的开放共享基础，用户无需下载任何安装程序、插件即可直接通过互联网运行，既可以向高校推广，又可以面向水利、气象行业部门及公众开放，提高业务部门的山洪预报与防治水平，也提高了公众对山洪灾害的认知水平，培养和加强山洪防灾减灾意识。

### （四）教学设计的合理性

#### 1) 实验内容设计合理

本实验所在课程共有 8 学时的实验内容、3 个实验项目，包括雨量与土壤湿度监测、水位与流量监测、山洪灾害成因与防治，目前主要通过**野外实地测量与虚拟仿真实验相结合**的方式培养学生实践能力，其中后两个实验环节由于其**高危险性与不可重复性**，无法在实验室或者野外实践进行，主要通过本虚拟仿真教学系统来实现，让学生自主研究山洪发生的特点和规律，并采取综合山洪防治对策，最大限度地削弱山洪灾害损失。

#### 2) 实验教学方法设计合理

本实验坚持以学生为中心的实验教学理念，采用多样化实验教学方法以充分



调动学生参与实验教学的积极性和主动性，包括**情景体验式教学方法、交互体验式教学方法、探究式教学方法、互动研讨式教学**等教学方法，综合采用观察法、控制变量法、类比法、比较法、自主设计法等实验方法，体现了项目的**探索性、创新性、挑战度**。通过本虚拟仿真系统达到传授知识，提高能力、拓展视野的目的，可以完成传统山洪灾害防治实体实验中开展的认知性和探索性的教学内容，大大提高了学生发现问题、分析问题、和解决问题的能力。

### 3) 实验考核方式设计合理

实验考核分**测试考核、操作步骤、防洪方案设计考核**三个层次，测试考核主要考查学生对实验原理与过程的基本认知程度，操作步骤主要考查学生整个实验操作步骤的合理性，而**防洪方案综合设计**则是本实验的升华部分，主要考查学生将本实验结果应用到山洪防治实践中的能力水平。本实验采用**多层次、多方式**等综合考核方式对学生进行全方位的考核评价，既有过程性操作的考核，也有实践能力的考核，可以全面反映学习效果。实验全部完成后，导出实验报告，各模块得分通过加权系数，计算出综合成绩。

## (五) 实验系统的先进性

### 1) 前沿科研成果反哺实践教学，核心技术先进

该项目充分考虑当代大学生的成长特点和知识需求点，精心构思与设计了各个实验模块和环节，基于多年的暴雨山洪的实测数据，利用**前沿科研成果反哺实践教学**，采用高精度暴雨山洪模拟技术、虚拟仿真技术、人机互动方式，解决了山洪灾害实践教学危险性大、实验不可还原等难题，有利于培育山洪防治方面的人才。

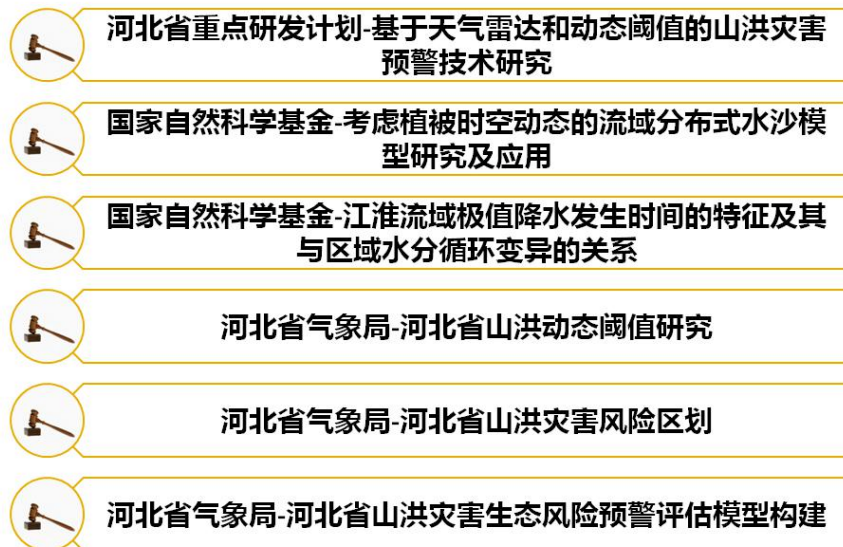


图 3-2 本项目依托的多项科研项目

### 2) 基础理论与实践能力融合发展，创新人才培养模式，育人理念先进

本实验项目充分学习当前教育由以“教”为主转为“学”为主的改革方向。克服了教学模式的“僵化”应用，利用项目化教学模式，将理论研究与实践紧密结合，学生从模拟的视角对理论知识进行分析研究，将理论知识向教学实践中转化与应用，使探索性理论研究具有可操作性，促进了基础理论与实践能力的融合发展，开创了创新的人才培养模式，提升了学生的工程实践能力，增强了学生的创新创造能力，实现了一体化研究。最终达到知识传授、能力提高、视野拓宽的目的。

### **3) 融合课程思政，立德树人，教育理念先进**

将社会责任、职业道德等课程思政要素植入了实验仿真虚拟项目，让学生身临其境地感受暴雨山洪灾害的危险程度，触发了学生对自然灾害的敬畏以及科学严谨的工匠精神，并将正确的价值追求、理想信念和国家情怀有效地传递给学生，真正将立德树人融入到教学的全过程。

## **3-2 实验教学目标（实验后应该达到的知识、能力水平）**

本实验结合水文与水资源工程专业、大气科学（水文气象）培养方案的要求，根据本专业特色专业主干课程《山洪泥石流预警预报》的关键知识点，梳理出从“典型认知”——“综合训练”——“系统探索”三个层次的实验。

**(1) 通过暴雨山洪灾害的山洪灾害认知学习模块，帮助学生掌握暴雨山洪灾害发生的过程和原理。**

帮助学生掌握暴雨山洪灾害发生的外部环境、重要过程、各过程的原理，采用虚拟现实的学习方式，帮助学生深入了解山洪发生的降雨过程、蒸散发过程、下渗过程、坡面汇流及河网汇流过程的基本原理，为系统综合实验奠定基础；

**(2) 通过水文气象条件设计的综合训练，显著提高学生理解不同水文气象条件对山洪灾害发生综合影响程度的能力。**

学生根据自己前期的理解水平，根据暴雨山洪灾害发生的影响因素，采用对照与参数控制法，学生通过控制降雨历时、降雨强度、前期土壤含水量、前期河道流量等关键水文气象因素，理解不同因素对暴雨山洪灾害的影响程度。

**(3) 通过山洪灾害防治措施的综合训练，探索不同暴雨山洪防治措施的异动与防治效果，提高学生实际山洪防治的能力与水平，培养学生自主创新设计的能力。**

在山洪灾害防治措施设计模块，系统随机给学生分配一种水文气象条件，学生自主设计与修改防治措施参数，探索不同植树造林措施、不同拦水坝类型、不同泄洪道对山洪灾害的防治效果与异同，最后分析归纳出不同防治措施的优缺点，并将这些实验结果应用并下一实验环节-山洪灾害综合防治设计-中去，自主设计一套防洪效果最佳的山洪防治措施。

### 3-3 实验课时

- (1) 实验所属课程课时：山洪泥石流预警预报（32 学时）；  
 (2) 该实验所占课时：2 学时。

本虚拟仿真实验与其所属课程之间的逻辑关系如图 3-3 所示。

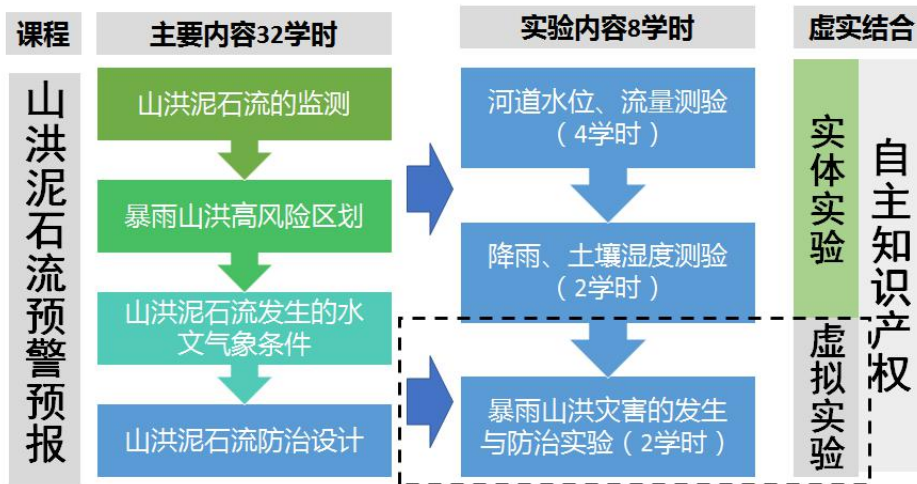


图 3-3 课程内容与实验安排

### 3-4 实验原理

- (1) 实验原理(限 1000 字以内)



图 3-4 虚拟仿真实验系统原理与知识点

如图 3-4 所示，本实验项目包括 3 个实验环节，具体实验原理如下：

根据水文循环原理，暴雨发生后，扣去蒸散发、土壤下渗等，其余降雨以地表径流、壤中流、地下径流的形式，从高向低汇入河道，其中地表径流的流速最快、壤中流次之、地下径流最慢，河水水位漫过堤坝即发生山洪。任何水文气象条件改变，都会引起山洪规模的变化，其中降雨、土壤湿度、河道流量是最重要的水文气象条件。

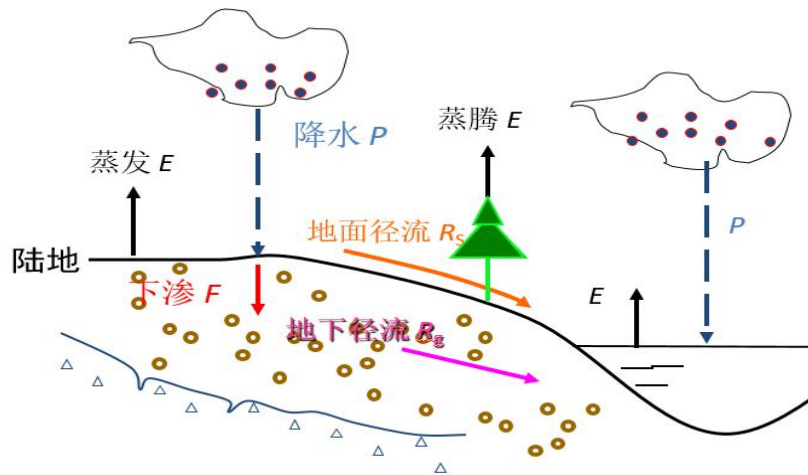


图 3-5 山洪水文循环示意图

### 1) 基于 SCS-CN 模型的产流原理

SCS-CN 模型是由美国土壤保持局开发的估算产流的方法。基于水平衡原理，假设：

$$P = I_a + F + Q$$

$$\frac{Q}{P - I_a} = \frac{F}{S}$$

$$I_a = \lambda \cdot S$$

式中：P 一次降水总量，mm；F 实际入渗量，mm；Q 为径流深，mm；I<sub>a</sub> 为降水初损，mm；S 为土壤潜在最大滞水量，mm；λ 为初损系数。

上面方程联合计算推得：

$$Q = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S}$$

当  $P \geq I_a$  时，上式有效；当  $P \leq I_a$  时， $Q=0$ 。λ 一般取值 0.2：

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S}$$

引入 CN 可以推求 S，变化范围在  $0 \leq CN \leq 100$ ：

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

$$CN = \frac{25400}{254 + S}$$

CN 值与土壤湿度、土地利用等因素有关，因此根据真实的场次洪水过程，可以构建降水量、土壤湿度、土地利用情况对洪水过程影响机理的实验设计。

### 2) 马斯京根法汇流原理

马斯京根法是常用的汇流计算方法，用线性的马斯京根槽蓄方程与水量平衡方程联解，来进行河道洪水演算。假定河段蓄量 S 与示储流量 Q' 成线性关系，即：

$$S=KQ'$$

式中： $K$  是蓄量参数； $Q'$  是入流  $I$  和出流  $O$  的函数，即  $Q'=XI+(1-X)O$ ， $X$  表示入流和出流对槽蓄影响的相对比重； $K$  和  $X$  根据所研究的河道特性和洪水特性来决定，并假定为常数。与水量平衡方程联解，得汇流计算公式：

$$O_2=C_0I_2+C_1I_1+C_2O_1$$

式中： $I$ 、 $O$  为河段入流、出流，脚码 1、2 表示时段初、末时刻； $C_0$ 、 $C_1$ 、 $C_2$  是马斯京根法参数  $K$  和  $X$  的函数，其和等于 1。

### 3) 山洪防治措施对山洪灾害的防治原理

根据上述的产汇流计算，可得到山洪动态变化过程。山洪防治措施分为工程防洪和非工程防洪措施，短期看工程措施效果明显，但长远看，非工程措施效果持久。对于植树造林非工程措施，主要基于不同植被类型与  $CN$  值的关系，通过改变  $CN$  值来改变流域产流量，评估不同植树造林措施对山洪防治的效果；对于工程措施，包括上游谷坊坝、中游挡水坝、下游泄洪道，通过增添不同水利工程建筑，修改其设计参数，从而来评估工程措施对山洪防治的效果。

关键知识点：

1. 降雨条件对山洪灾害发生的影响机理
2. 前期土壤含水量对山洪灾害发生的影响机理
3. 前期河道流量对山洪灾害发生的影响机理
4. 不同拦水坝对山洪灾害的防治效果
5. 不同泄洪道对山洪灾害的防治效果
6. 不同植树造林措施对山洪灾害的防治效果

(2) 核心要素仿真设计（对系统或对象的仿真模型体现的客观结构、功能及其运动规律的实验场景进行如实描述，限 500 字以内）

本实验核心要素数据来自多项山洪科研项目，真实可靠，具体仿真设计如下：

#### 1) 暴雨山洪实验流域真实，仿真度高

实验流域位于太行山区，子牙河流域上游，湿润半湿润气候，面积  $83\text{km}^2$ ，基于  $30\text{m}\times 30\text{m}$  的流域数字高程模型计算得到流域的坡度、河道、流向地形地貌特征，是对地形地貌的高度仿真；利用实测土地利用数据对地表覆盖进行仿真，土地利用类型为森林、灌木、草地、农田、裸地、城镇用地，与真实情况一致，仿真度达到 90%。


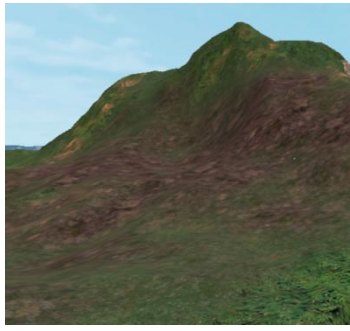






#### 2) 暴雨山洪灾害数据真实可靠，高度仿真

依托多项山洪科研项目，本实验的水文气象、暴雨山洪监测数据，与多年实测数据一致。降水强度范围为  $1-20\text{mm/h}$ ；土壤含水量范围为  $0\%-100\%$ ，改变土壤含水量，每次变化幅度为  $0.01$ ；森林覆盖率为  $10\%-90\%$ ，树龄为  $1-30$  年；挡水坝高度为  $2-5$  米，谷坊坝高度为  $2-4$  米，泄洪道宽度与深度范围为  $1-3$  米，变幅为  $0.1$  米。各变量均来自于真实实测数据，仿真度达到 95%。

### 3) 暴雨山洪灾害动态变化来源于真实山洪事件，仿真度高

基于实测暴雨山洪河流水位流量、洪水淹没范围、房屋破坏、桥梁冲毁数据，借助分布式水文模拟与地理信息系统技术，采用三维动态虚拟仿真技术，对暴雨山洪灾害破坏的全过程实现高虚拟仿真，其中流量变幅为  $0-1300\text{m}^3/\text{s}$ ，与真实流量范围一致，仿真程度达到 90%。

表 3-2 核心仿真要素与实物仿真度对比

| 核心仿真要素 | 实物场景  | 虚拟场景   |
|--------|---|--|
| 实验流域   |    |    |
| 土地利用覆盖 |   |   |
| 河流上方桥梁 |  |  |
| 山洪河道流量 |  |  |



### 3-5 实验教学过程与实验方法

本项目建设坚持以学生为中心的实验教学理念，根据我校的行业特色和本专业的学科特色设立实验教学内容，采用多样化实验方法以充分调动学生参与实验教学的积极性和主动性，整个实验包括“山洪灾害认知”、“水文气象条件探索实验”、“山洪灾害防治措施训练”、“山洪灾害防治方案综合设计”、“实验考核”五个模块，包括情景体验、交互体验、探究设计、互动研讨等教学方法，采用了观察认知法、对比分析法、参数控制法、归纳法、自主设计法等实验方法，如图 3-6 所示，在不同的教学过程中，实验方法具体阐述如下：



图 3-6 实验过程与实验方法

#### 1) 山洪灾害认知

山洪灾害事件具有突发性、破坏性极强和不可重复等特点，实际教学中，不可能在真实环境事件时去还原山洪灾害动态过程。基于水文与气象类专业特点，传统的实验教学只能通过野外参观的方式，让学生在一定程度上对暴雨山洪灾害的发生与防治等具有感性认识，但对于其整体过程的理解仍然抽象晦涩。

进入实验，首先通过实验背景、实验原理、实验流程等内容对本实验有一个初步的认识。然后进入山洪灾害认知模块，本模块主要采用了“观察法”的实验

**方法。**由于学生无法真实体验暴雨山洪灾害爆发的真实场景，因此设置了本模块，通过虚拟仿真还原真实的山洪发生环境与灾害发生过程，让学生置身于山洪灾害发生现场。

**观察法：**直观体验山洪灾害过程，理清山洪灾害发生的过程与原理，体验山洪灾害发生的**高危险性、突发性、破坏性**，提高学生的山洪灾害知识储备，同时培养学生对大自然的**敬畏之心**、科学严谨的工作态度，向学生传递**山洪防灾减灾意识**，提升了学生的体验获得感，激发学生浓厚学习兴趣。

## 2) 水文气象条件探索实验

在对暴雨山洪灾害有了**初步认知的基础上**，本实验需要对暴雨山洪灾害发生的水文气象条件有了更深入的理解，**既要弄清**不同水文气象条件对山洪灾害发生影响异同，**又要学会定量分析**降雨历时、降雨强度、前期土壤含水量、前期河道流量等关键因素对暴雨山洪灾害发生的影响程度，为此，设计了水文气象条件探索实验模块，本模块主要采用了“**参数控制法**”、“**观察法**”、“**对比分析法**”等实验方法。

**参数控制法：**对比不同前期水文气象条件对山洪发生事件的影响时，在指导教师的引导下，组织学生设计不同水文气象条件，采用**单一因子敏感性实验方法**，即保持其余水文气象条件不变，仅改变一种水文气象条件，探究该水文气象条件对山洪发生的影响程度。学生根据自己喜好以及在前期训练中或者在实践教学环节中的薄弱环节进行选择训练，达到个体化、趣味化相结合交互式学习模式。

**观察法：**通过观察法，直接观察不同水文气象条件改变后，山洪灾害发生动态过程、河流水位、洪水淹没范围的变化情况，对水文气象条件对暴雨山洪灾害的影响程度有一个**直观定性**的理解。

**对比分析法：**本实验对改变实验条件后暴雨山洪灾害的所有数据都有详细的记录，查看记录簿，可以获取所有实验过程数据。对同一水文气象条件多次修改，模拟其作用下的山洪灾害动态过程，对多次模拟的山洪灾害数据进行**对比分析**，**定量分析**该水文气象条件对山洪发生的影响机制。同时对实验数据对比分析，也可以掌握不同水文气象条件对山洪发生的影响机制。

## 3) 山洪灾害防治措施训练

通过上面的实验模块，对暴雨山洪灾害的发生机理有了一个定性与定量的分析之后，基于实验结果，需要学生进一步理解不同防洪措施的山洪防治效果，并掌握山洪灾害防治方案综合设计的技术与方法。为此，设计了**山洪灾害防治措施训练模块**。本模块主要采用了“**参数控制法**”、“**观察法**”、“**对比分析法**”、“**归纳法**”、“**自主设计法**”等实验方法。

**参数控制法：**系统给不同学生随机分配不同的水文气象条件，保证实验条件的随机性，体现实验设计的个体化，避免了实体实验中的抄袭作弊现象。在实验操作步骤的引导下，采用**单一因子敏感性实验方法**，仅设置一种山洪防治措施，



保持暴雨山洪发生的其他条件不变,探究该山洪防治措施对山洪发生的防治程度。根据自己喜好以及在前期训练中或者在实践教学环节中的薄弱环节,学生可以进行**重复性训练**,利用,自主式、个体化相结合学习模式,实现实验目标。

通过**参数观察法**,让学生发现不同植树造林措施、不同拦水坝高度、不同拦水坝数量、不同拦水坝类型、不同泄洪道数量对山洪灾害的防治效果;最后分析归纳出不同防治措施的优缺点,哪种防洪措施最有效?防洪措施的不同组合效果如何?以及如何将这些实验结果应用并指导山洪灾害防治实践中去?

**观察法**:通过观察法,直接观察不同植树造林措施、不同拦水坝数量与类型、不同泄洪道措施设置后,山洪灾害发生动态过程、河流水位、洪水淹没范围的变化情况,对不同防洪措施对暴雨山洪灾害的防治程度有一个**直观定性**的理解。

**对比分析法**:为了定量分析不同植树造林措施、不同拦水坝数量与类型、不同泄洪道措施的山洪防治效果,本实验后台记录了所有模拟数据,查看记录簿,可以获取所有实验过程数据。对同一山洪防治措施的参数多次修改,模拟本措施下的山洪灾害防治效果,对多次模拟的山洪灾害数据进行**对比分析**,定量分析该防洪措施不同**建设规模对山洪灾害的防治程度**。同时设置不同山洪防治措施,进行多次模拟,并对实验数据**对比分析**,可以**掌握不同山洪防治措施对山洪灾害的防治程度**。

**归纳法**:哪种防洪措施最有效?防洪措施的不同组合效果如何?如何将这些实验结果应用并指导山洪灾害防治实践中去?最后通过归纳法,对**上述实验结果进行综合归纳分析**,分析归纳出不同防治措施的优缺点,为下一模块的山洪防治方案的设计打下基础。

#### 4) 山洪灾害防治方案综合设计

为了提高学生山洪防治方案的综合设计能力,设置本实验模块。进入本模块后,系统给不同学生随机分配不同的暴雨山洪灾害发生情景,保证实验条件的随机性,体现实验设计的个体化。为了**体现学生自主探索学习过程**,本模块采用“**自主设计法**”的实验方法。

**自主设计法**:通过引入山洪灾害发生场景,激发学生积极主动地去探索问题的欲望,寻求防治山洪灾害的方案,让学生在探究学习的过程中形成对知识自主构建。在**掌握不同山洪防治措施对山洪灾害的防治程度的基础上**,学生可以对不同的山洪防治措施进行组合,**自主设计不同的山洪防治方案**,重复对防洪效果进行模拟,学生最终能够选择最优的防洪设计方案。通过这一过程,充分体会到探究的真正价值,真正体验自主设计的乐趣,进而产生一种成就感,从而充分激发学生的学习兴趣和潜能,增强学生创新创造能力。可以完成实体实验无法完成的“**重复发生山洪灾害事件**”的设计,大大提高了学生**发现问题、分析问题、和解决问题的能力**。

3-6 步骤要求（不少于 10 步的学生交互性操作步骤。操作步骤应反映实质性实验交互，系统加载之类的步骤不计入在内）

本实验以真实的山洪灾害实测数据为支撑，由山洪灾害认知→水文气象条件探索实验→不同山洪防治措施防治训练→山洪防治方案综合设计→实验考核，构成山洪防治实验体系。设计开发了暴雨山洪灾害的发生与防治虚拟仿真实验系统，强调实验“探索性、创新性、挑战度”。学生通过对虚拟仿真项目各个实验模块的操作，直观地参与大规模山洪灾害防治，掌握《山洪泥石流预警预报》、《水文预报》等专业核心课程的关键知识点，提升实践创新能力。如图 3-7 所示，本实验设计了五个模块、三个虚拟仿真实验环节、十一个实验步骤，涵盖“基本原理、综合设计、探索实践”三层面实验教学内容和能力的培养。

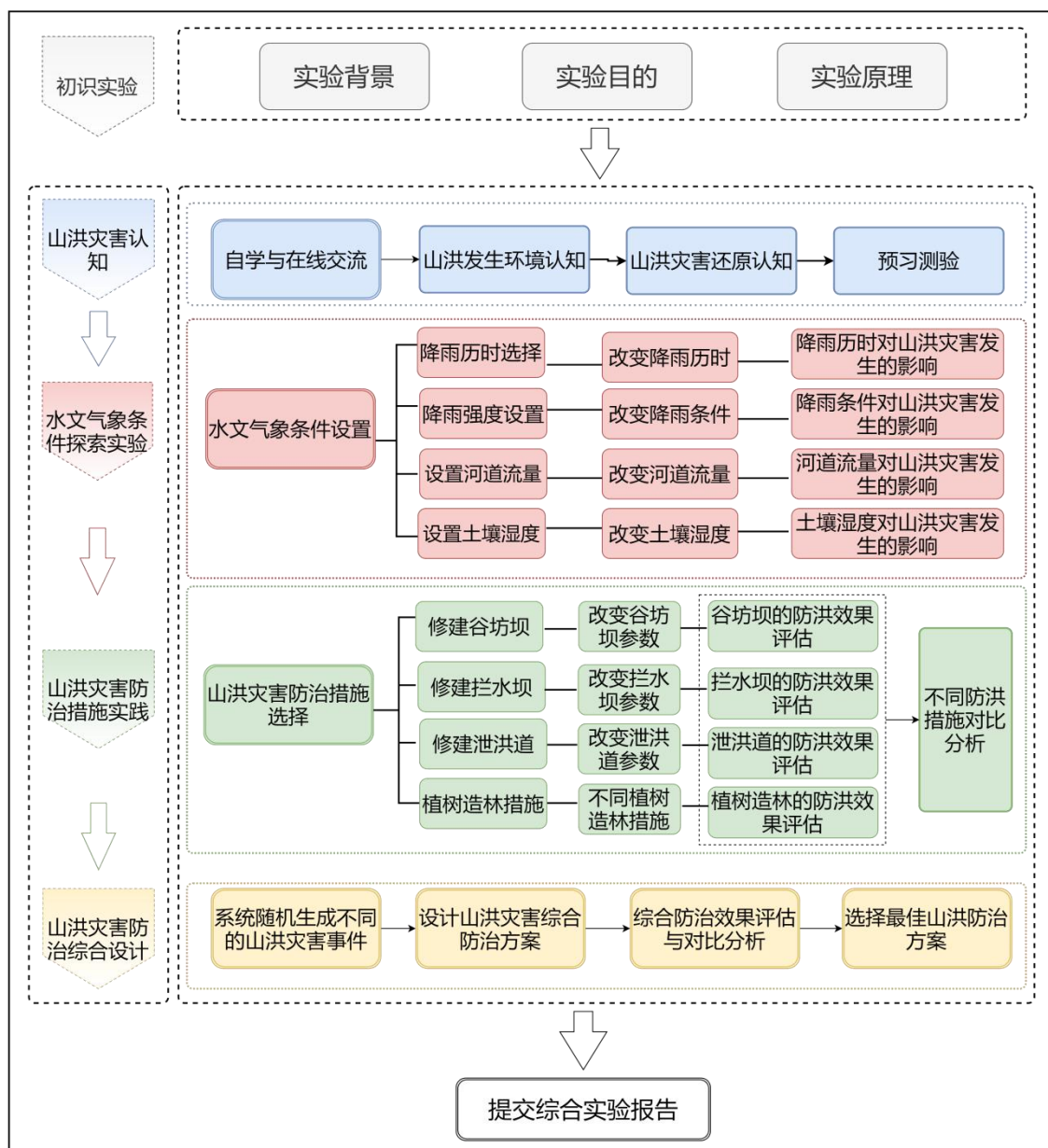


图 3-7 实验流程与实验步骤

(1) 学生交互性操作步骤 (共 11 步)

| 步骤序号 | 步骤目标要求             | 步骤合理用时 | 目标达成度赋分模型   | 步骤满分 | 成绩类型           |
|------|--------------------|--------|---|------|----------------|
| 预习自测 | 理解山洪灾害形成的过程、及产汇流原理 | 10 分钟  | 满分，10 分；完成降雨过程、产汇流过程、河道汇流过程、土壤湿度监测、水位流量监测的认知操作，每错误操作 1 步扣 1 分；自测题目满分 5 分，每错一题扣 1 分。 | 10   | ■操作成绩<br>■预习成绩 |
| 1    | 理解降雨历时对山洪灾害的影响     | 15 分钟  | 满分 5 分。完成降雨历时设计操作得满分，每错误操作 1 步扣 1 分。  | 5    | ■操作成绩<br>■实验报告 |
| 2    | 理解降雨强度对山洪灾害的影响     | 15 分钟  | 满分 5 分。完成降雨强度设计操作得满分，每错误操作 1 步扣 1 分。  | 5    | ■操作成绩<br>■实验报告 |
| 3    | 理解土壤含水量条件对山洪灾害的影响  | 15 分钟  | 满分 5 分。完成土壤湿度条件设计操作得满分，每错误操作 1 步扣 1 分。  | 5    | ■操作成绩<br>■实验报告 |
| 4    | 理解河道流量条件对山洪灾害的影响   | 15 分钟  | 满分 5 分。完成河道流量条件设计操作得满分，每错误操作 1 步扣 1 分。  | 5    | ■操作成绩<br>■实验报告 |
| 5    | 不同水文气象条件结果对比分析     | 15 分钟  | 满分 5 分。完成水文气象条件综合设计操作得满分，每错误操作 1 步扣 1 分。  | 5    | ■操作成绩<br>■实验报告 |
| 6    | 掌握不同植树造林措施防洪措施设计   | 15 分钟  | 满分 7 分。完成植树造林措施防洪设计操作得满分，每错误操作 1 步扣 1 分。  | 7    | ■操作成绩<br>■实验报告 |

|      |                    |       |  |    |                  |
|------|--------------------|-------|--|----|------------------|
| 7    | 掌握挡水坝防洪措施设计        | 15 分钟 | 满分 7 分。完成谷坊坝措施防洪设计操作得满分，每错误操作 1 步扣 1 分。  | 7  | ■操作成绩<br>■实验报告   |
| 8    | 掌握谷坊坝防洪措施设计        | 15 分钟 | 满分 7 分。完成挡水坝措施防洪设计操作得满分，每错误操作 1 步扣 1 分。  | 7  | ■操作成绩<br>■实验报告   |
| 9    | 掌握泄洪道防洪措施设计        | 15 分钟 | 满分 7 分。完成泄洪道措施防洪设计操作得满分，每错误操作 1 步扣 1 分。  | 7  | ■操作成绩<br>■实验报告   |
| 10   | 理解不同措施防洪效果及对比分析    | 15 分钟 | 满分 7 分。完成不同防洪措施效果对比与分析操作得满分，每错误操作 1 步扣 1 分。  | 7  | ■操作成绩<br>■实验报告   |
| 11   | 掌握综合防治措施方案设计的方法与流程 | 30 分钟 | 共给三次方案设计机会，以洪峰削减百分比为判定成果与否的标准，洪峰削减百分比在 0-20%之间，得分 15 分；在 20-40%之间，得分 20 分；在 40-50%之间，得分 25 分；在 >50%以上，得分 30 分。 | 30 | ■操作成绩<br>■实验报告   |
| 主观研判 | 教师综合研判实验报告         | /     | 由老师根据学生实验报告及实验结果的具体情况，给出实验报告评语。  | /  | ■实验报告<br>■教师评价报告 |

## (2) 交互性步骤详细说明

如图 3-8 所示，本实验项目主要包括：“山洪灾害认知”、“水文气象条件探索实验”、“山洪灾害防治措施训练”、“山洪灾害防治方案综合设计”、“实验考核”等 5 个模块、3 个实验环节、11 个操作步骤。具体如下所示：

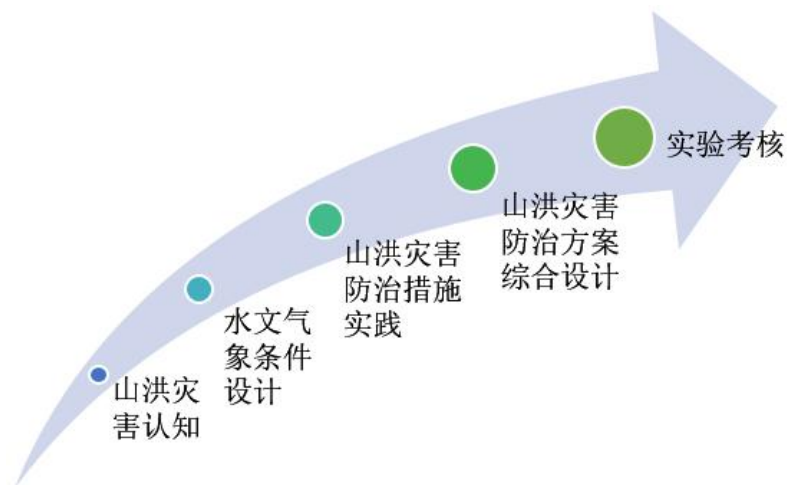


图 3-8 虚拟仿真项目五个实验模块

### 实验准备

1、学生进入“暴雨山洪灾害的发生与防治虚拟仿真实验”，进入主页面如图 3-9 所示，选择“报名参加”，然后登陆“进入实验”，进入本虚拟仿真实验；

2、进入实验选择页面，如图 3-10 所示，首先要阅读右上方的实验指南和实验简介。点击右上角的“知识角”，会获取与本实验相关的科技前沿、学术文章以及课程知识点。本实验分为三个实验环节，每一个环节均为激活状态，学生点击任一实验环节，均弹出下拉菜单，从而选择相应的实验。



图 3-9 虚拟仿真实验主页面

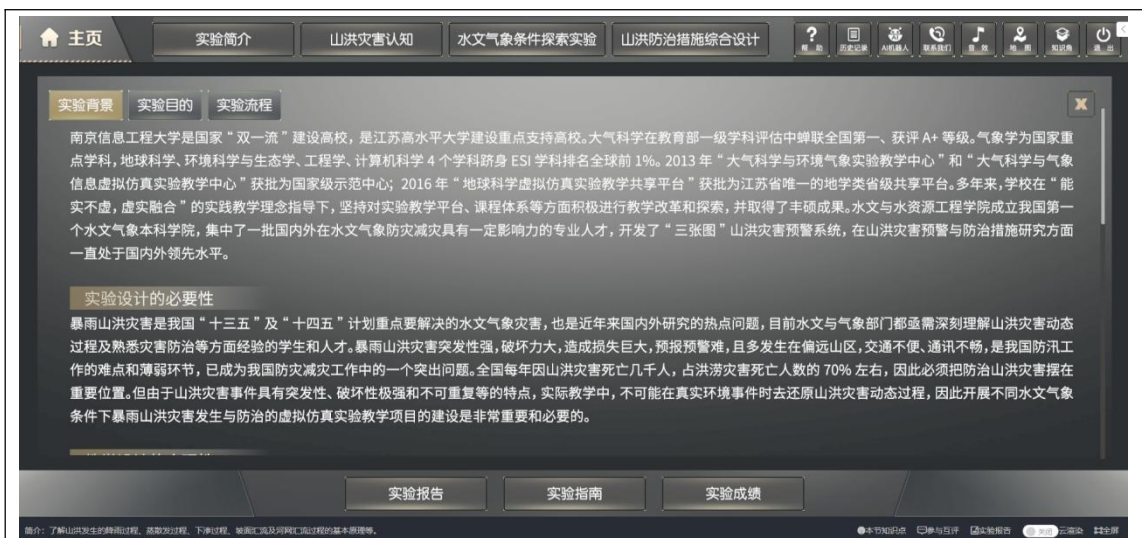


图 3-10 实验简介

在实验之前，为了掌握实验的理论知识与原理，可以先进入实验背景、实验简介、实验流程进行学习，之后点击“山洪灾害认知”下拉菜单的环境认知部分，了解山洪发生的降雨过程、蒸散发过程、下渗过程、坡面汇流及河网汇流过程的基本原理等。配有文字提示和动态过程演示，如图 3-11 所示。

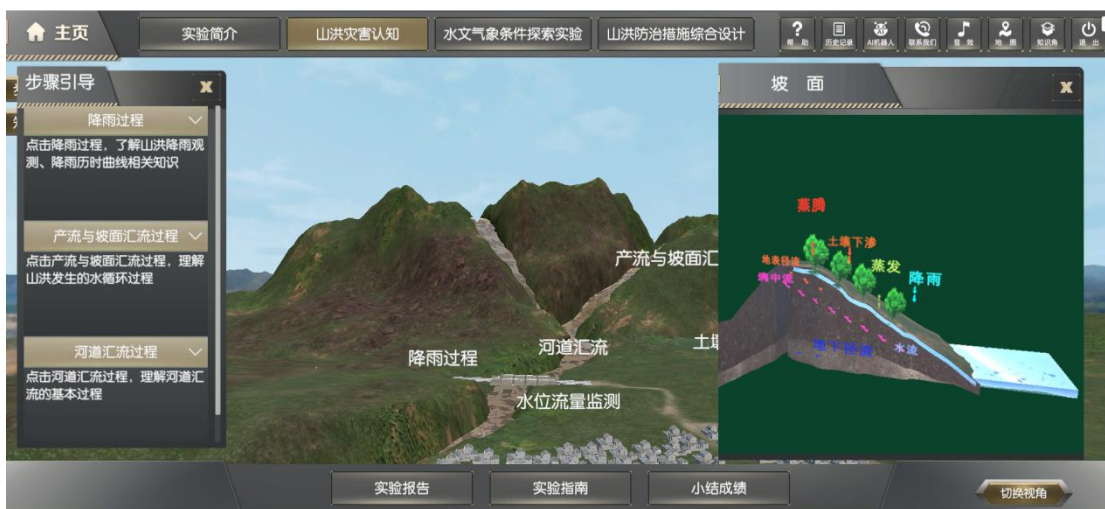


图 3-11 山洪发生的环境认知

为了真实体验暴雨山洪灾害的破坏场景，并理解山洪的发生过程，学生进入“山洪灾害认知”模块下面的山洪灾害过程部分，点击下面的过程动画，可以还原一场真是山洪的灾害过程，让学生体验山洪发生的突发性、危害性等，并配有文字说明，如图 3-12 所示。



图 3-12 山洪发生的动态过程

对山洪的发生过程有了一个基本的认知之后，为了测试对山洪过程及发生原理的掌握程度，进行预习自测部分，点击底部的实验考核，系统随机提供 5 道自测题，争取率在 80%以上，开始正式开始具体的实验环节，如图 3-13 所示。



图 3-13 预习自测

下面分别介绍“水文气象条件探索、山洪灾害防治措施训练、山洪灾害防治方案综合设计”三个实验环节。

### 实验环节一：水文气象条件探索

#### 步骤 1：降雨历时对山洪灾害的影响

①为了定量分析降雨历时对山洪灾害发生的影响机制，在实验选择页面（图 3-13），点击“水文气象条件探索”，进入降雨条件设计模块



图 3-13 水文气象条件探索实验进入界面

②在右边的对话框中，如图 3-13 所示，可设置不同降雨历时，其他条件不能改变，设置完毕后，学生可以点击“开始模拟”，模拟过程中，点击“切换视角”，可以实时查看不同视角下的山洪灾害动态过程、桥梁冲毁过程、房屋淹没倒塌过程，同时右上角实时显示山洪发生过程中河道流量、土壤湿度的实时变化过程，可随时点击“跳过”中止山洪动态过程，如图 3-14 所示。

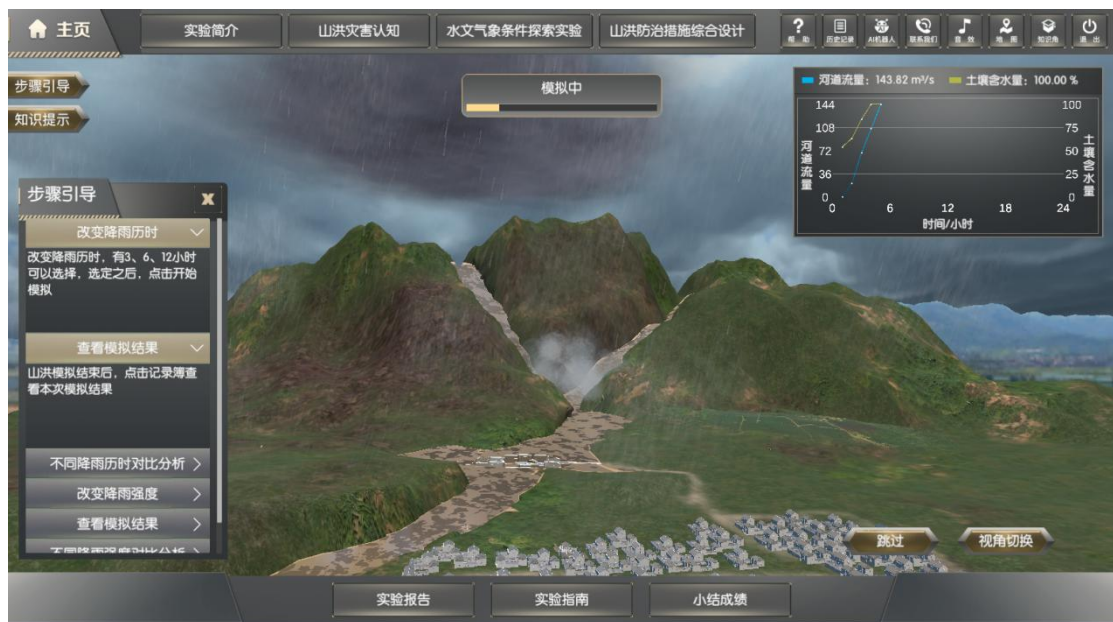


图 3-14 不同降雨历时改变下的山洪灾害

③山洪模拟结束后，点击“记录簿”，可以查看本次降雨历时下的山洪灾害



过程的具体结果与数据，包括记录的本次洪水的降雨量、土壤湿度、河道流量数据，以及流量过程线和土壤湿度变化过程线，如图 3-15 所示。

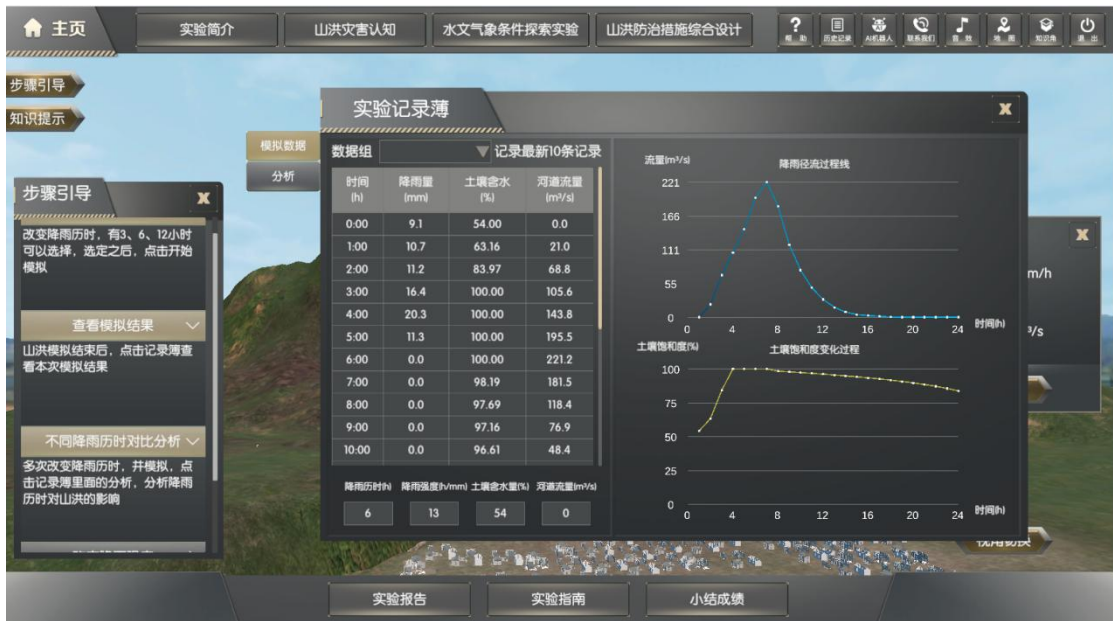


图 3-15 不同降雨历时改变下的山洪灾害的记录簿

④为了研究不同降雨历时对山洪的影响机理，可以选择多个不同的降雨历时，进行多次模拟，点击在“记录簿”右侧的“分析”模块，可以对多次的结果进行对比分析，归纳降雨历时对山洪洪峰、洪水起始时间的影响程度，如图 3-16 所示。



图 3-16 多次结果的对比分析

### 步骤 2：降雨强度对山洪灾害的影响

①为了定量分析降雨强度对山洪灾害发生的影响机制，在降雨条件设计模块中右边的对话框中，可设置不同降雨强度，其他条件不能改变，设置完毕后，学生可以点击“开始模拟”，模拟过程中，点击“切换视角”，可以实时查看不同视角下的山洪灾害动态过程、桥梁冲毁过程、房屋淹没倒塌过程，同时右上角实

时显示山洪发生过程中河道流量、土壤湿度的实时变化过程，可随时点击“跳过”中止山洪动态过程，如图 3-17 所示。

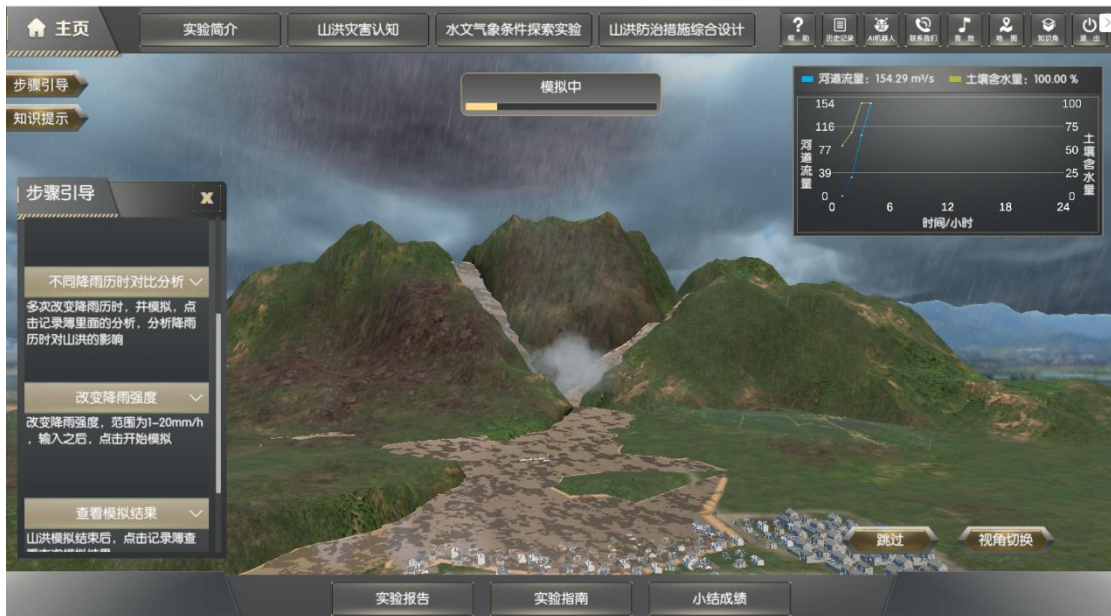


图 3-17 不同降雨强度改变下的山洪灾害

②山洪模拟结束后，点击“记录簿”，可以查看本次降雨强度下的山洪灾害过程的具体结果与数据，包括记录的本次洪水的降雨量、土壤湿度、河道流量数据，以及流量过程线和土壤湿度变化过程线，如图 3-18 所示。



图 3-18 不同降雨强度改变下的山洪灾害数据记录簿

③为了研究不同降雨强度对山洪的影响机理，可以选择多个不同的降雨历时，进行多次模拟，点击在“记录簿”右侧的“分析”模块，可以对多次的结果进行对比分析，归纳降雨强度对山洪洪峰、洪水起始时间的影响程度，如图 3-19 所示。



图 3-19 多次结果的对比分析

### 步骤 3: 土壤湿度对山洪灾害的影响

①为了定量分析土壤湿度对山洪灾害发生的影响机制，在实验选择页面（图 3-13），点击“水文气象条件探索”，点击菜单下面“土壤湿度设计”按钮，进入土壤湿度条件设计模块。

②在土壤湿度条件设计模块中右边的对话框中，如图 3-20 所示，可设置不同土壤湿度，其他条件不能改变，设置完毕后，学生可以点击“开始模拟”，模拟过程中，点击“切换视角”，可以实时查看不同视角下的山洪灾害动态过程、桥梁冲毁过程、房屋淹没倒塌过程，同时右上角实时显示山洪发生过程中河道流量、土壤湿度的实时变化过程，如图 3-21 所示，可随时点击“跳过”中止山洪动态过程。



图 3-20 土壤湿度修改界面



图 3-21 不同土壤湿度改变下的山洪灾害过程

③山洪模拟结束后，点击“记录簿”，可以查看本次土壤湿度下的山洪灾害过程的具体结果与数据，包括记录的本次洪水的降雨量、土壤湿度、河道流量数据，以及流量过程线和土壤湿度变化过程线，如图 3-22 所示。



图 3-22 不同土壤湿度改变下的山洪灾害过程数据记录簿

④为了研究不同土壤湿度对山洪的影响机理，可以选择多个不同的土壤湿度，进行多次模拟，点击在“记录簿”右侧的“分析”模块，可以对多次的结果进行对比分析，归纳土壤湿度对山洪洪峰、洪水起始时间的影响程度，界面与图 3-19 类似。

#### 步骤 4：河道流量对山洪灾害的影响

①为了定量分析前期河道流量对山洪灾害发生的影响机制，在实验选择页面（图 3-13），点击“水文气象条件探索”，点击菜单下面“河道流量设计”按钮，进入河道流量条件设计模块。

②在河道流量条件设计模块中右边的对话框中，如图 3-23 所示，可设置不同河道流量，其他条件不能改变，设置完毕后，学生可以点击“开始模拟”，模拟过程中，点击“切换视角”，可以实时查看不同视角下的山洪灾害动态过程、桥梁冲毁过程、房屋淹没倒塌过程，同时右上角实时显示山洪发生过程中河道流量、土壤湿度的实时变化过程，可随时点击“跳过”中止山洪动态过程，如图 3-24 所示。



图 3-23 河道流量修改界面



图 3-24 不同河道流量改变下的山洪灾害过程

③山洪模拟结束后，点击“记录簿”，可以查看本次河道流量下的山洪灾害过程的具体结果与数据，包括记录的本次洪水的降雨量、土壤湿度、河道流量数据，以及流量过程线和土壤湿度变化过程线，如图 3-25 所示。



图 3-25 不同河道流量改变下的山洪灾害过程数据记录簿

④为了研究不同河道流量对山洪的影响机理,可以选择多个不同的土壤湿度,进行多次模拟,点击在“记录簿”右侧的“分析”模块,可以对多次的结果进行对比分析,归纳前期河道流量对山洪洪峰、洪水起始时间的影响程度,界面与图 3-19 类似。

#### 步骤 5: 水文气象综合条件对山洪灾害的影响

①为了综合分析各种水文气象条件对山洪灾害发生的综合影响机制,在实验选择页面(图 3-13),点击“水文气象条件探索”,点击菜单下面“水文气象条件综合设计”按钮,进入水文气象条件综合设计模块。

②在水文气象综合条件设计模块中右边的对话框中,如图 3-26 所示。可改变任何水文气象条件不能改变,设置完毕后,学生可以点击“开始模拟”,模拟过程中,点击“切换视角”,可以实时查看不同视角下的山洪灾害动态过程、桥梁冲毁过程、房屋淹没倒塌过程,同时右上角实时显示山洪发生过程中河道流量、土壤湿度的实时变化过程,可随时点击“跳过”中止山洪动态过程,如图 3-27 所示。



图 3-26 水文气象条件综合设计修改界面



图 3-27 不同水文气象条件改变下的山洪灾害过程

③山洪模拟结束后，点击“记录簿”，可以查看本次水文气象条件下的山洪灾害过程的具体结果与数据，包括记录的本次洪水的降雨量、土壤湿度、河道流量数据，以及流量过程线和土壤湿度变化过程线，如图 3-28 所示。





图 3-28 不同水文气象条件改变下的山洪灾害过程数据记录簿

④为了综合研究不同水文气象条件对山洪的影响机理，可以多次改变不同水文气象条件，进行不同水文气象条件的组合，进行多次模拟，点击在“记录簿”右侧的“分析”模块，可以对多次的结果进行对比分析，归纳水文气象综合条对山洪洪峰、洪水起始时间的影响程度，如图 3-29 所示。



图 3-29 多次修改不同水文气象条件的结果对比分析

⑤点击下方的“小结成绩”，可以查看本实验环节的响应部分（图 3-30）。

| 姓名: nuists1 |          | 时间: 2021-6-4 |     | 得分:30 |                 |
|-------------|----------|--------------|-----|-------|-----------------|
| 水文气象条件设计    | 降雨条件设计   | 降雨历时         | 6   | 8     | 查看记录簿<br>查看分析结果 |
|             |          | 降雨强度         | 9   |       |                 |
|             |          | 降雨条件设计模拟     |     |       |                 |
|             |          | 查看分析结果       |     |       |                 |
|             | 土壤湿度设计   | 土壤含水量        | 0.3 | 9     | 查看记录簿<br>查看分析结果 |
|             |          | 土壤湿度设计模拟     |     |       |                 |
|             |          | 查看记录簿        |     |       |                 |
|             |          | 查看分析结果       |     |       |                 |
|             | 河道流量设计   | 河道流量         | 35  | 4     | 查看记录簿<br>查看分析结果 |
|             |          | 河道流量设计模拟     |     |       |                 |
|             |          | 查看记录簿        |     |       |                 |
|             |          | 查看分析结果       |     |       |                 |
|             | 水文气象综合设计 | 降雨历时         |     | 6     | 查看记录簿<br>查看分析结果 |
|             |          | 降雨强度         |     |       |                 |
|             |          | 土壤含水量        |     |       |                 |
|             |          | 河道流量         |     |       |                 |
| 查看记录簿       |          |              |     |       |                 |
| 查看分析结果      |          |              |     |       |                 |

图 3-30 本实验环节的小结成绩

## 实验环节二：山洪灾害防治措施实践

### 步骤 6：植树造林措施防洪实践

①为了研判植树造林措施的防洪效果，在“山洪防治措施综合设计”实验场景中，点击下拉菜单的“植树造林防治措施设计”进入本模块，如图 3-31 所示，系统随机给学生分配一种可以产生山洪灾害的水文气象条件，具体水文气象信息显示在界面右上角，如图 3-32 所示。



图 3-31 山洪灾害防治措施实践进入界面

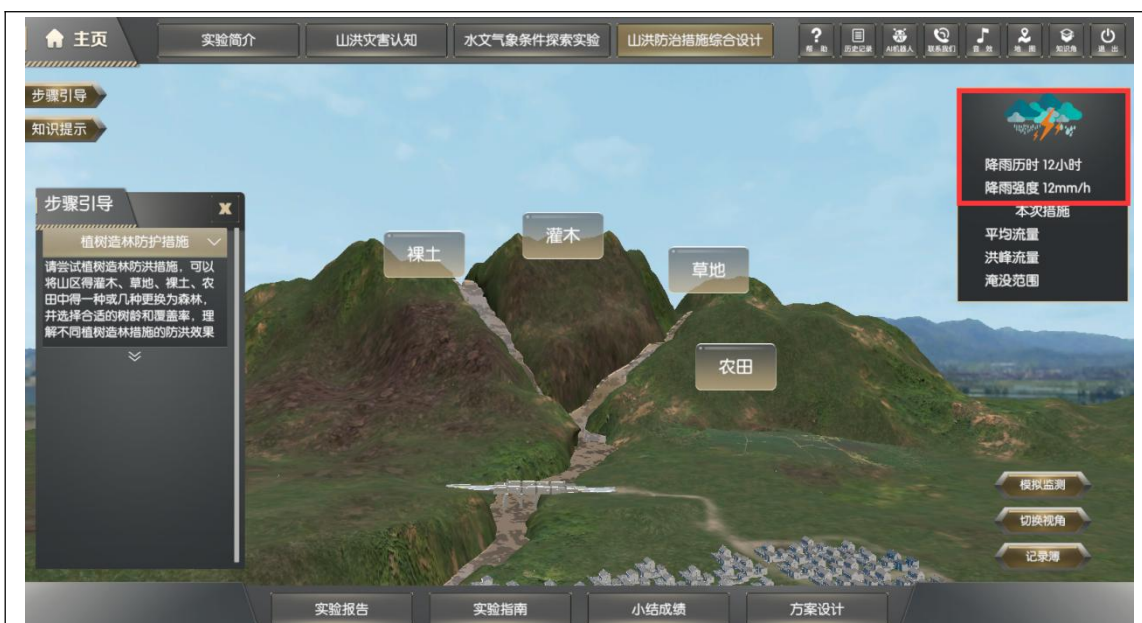


图 3-32 山洪爆发的随机水文气象条件

②如图 3-33 所示，共有四种植树造林措施可以选择，分别为裸土、草地、农田、灌木转变为森林，以裸土为例，学生可以点击裸土按钮，弹出对话框，设置不同的树龄与森林覆盖度，如图 3-34 所示。



图 3-33 不同植树造林措施的选择



图 3-34 不同的树龄与森林覆盖度的设置

③为了判断本次防洪措施的防洪效果，设置完毕之后，点击右下角的“防治监测”按钮，可以查看本次防洪措施下的防洪效果，监测过程中，点击“切换视角”，可以实时查看不同视角下的山洪灾害动态过程、桥梁冲毁过程、房屋淹没倒塌过程，如图 3-35 所示，可以随时点击“跳过”按钮结束山洪动态过程。



图 3-35 植树造林措施下的山洪动态过程

④防洪监测模拟结束后，会自动弹出本次措施的防洪效果，如图 3-36 所示；本次山洪防治措施的具体参数及其防洪效果的详细数据均记录在后台，点击记录簿，可以查看详细的防洪数据，包括降雨量、土壤含水量、河道流量，以及有无

防洪措施的防洪效果对比，具体如图 3-37 所示。



图 3-36 植树造林措施下的防洪效果

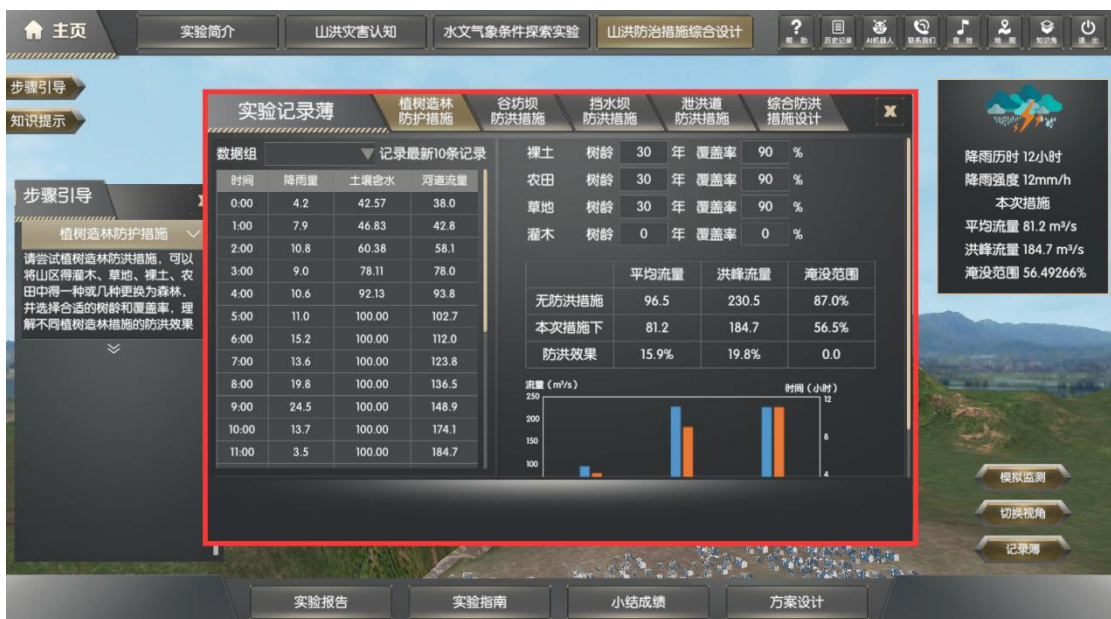


图 3-37 植树造林措施下的详细防洪数据记录簿

⑤为了对比不同植树造林措施、不同森林参数的山洪防治效果，需要重复②-③步，多次设置不同植树造林措施，对比分析不同植树造林措施的防洪效果。

#### 步骤 7：谷坊坝防洪措施实践

①为了研判谷坊坝防洪措施的防洪效果，在“山洪防治措施综合设计”实验场景中，点击下拉菜单的“谷坊坝防洪措施设计”进入本模块（图 3-31），系统随机给学生分配一种可以产生山洪灾害的水文气象条件，具体水文气象信息显示

在界面右上角，如图 3-38 所示。

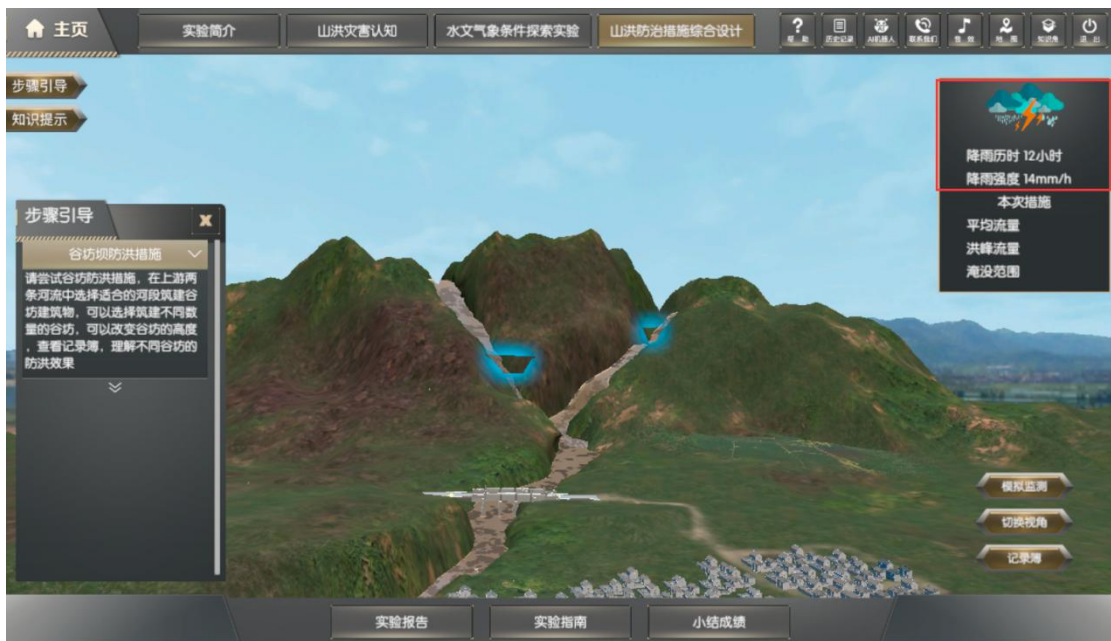


图 3-38 山洪爆发的随机水文气象条件

②经前期的勘测分析,初步判断本区域有两处位置适合建设谷坊坝(图 3-38),已蓝色高亮显示,可以点击任何提示的区域,弹出对话框,设置不同的谷坊坝建设参数,如图 3-39 所示。



图 3-39 谷坊坝建设参数的设置

③为了判断本次防洪措施的防洪效果,设置完毕之后,点击右下角的“防治监测”按钮,可以查看本次防洪措施下的防洪效果,监测过程中,点击“切换视角”,可以实时查看不同视角下的山洪灾害动态过程、桥梁冲毁过程、房屋淹没

倒塌过程，如图 3-40 所示，可以随时点击“跳过”按钮结束山洪动态过程。

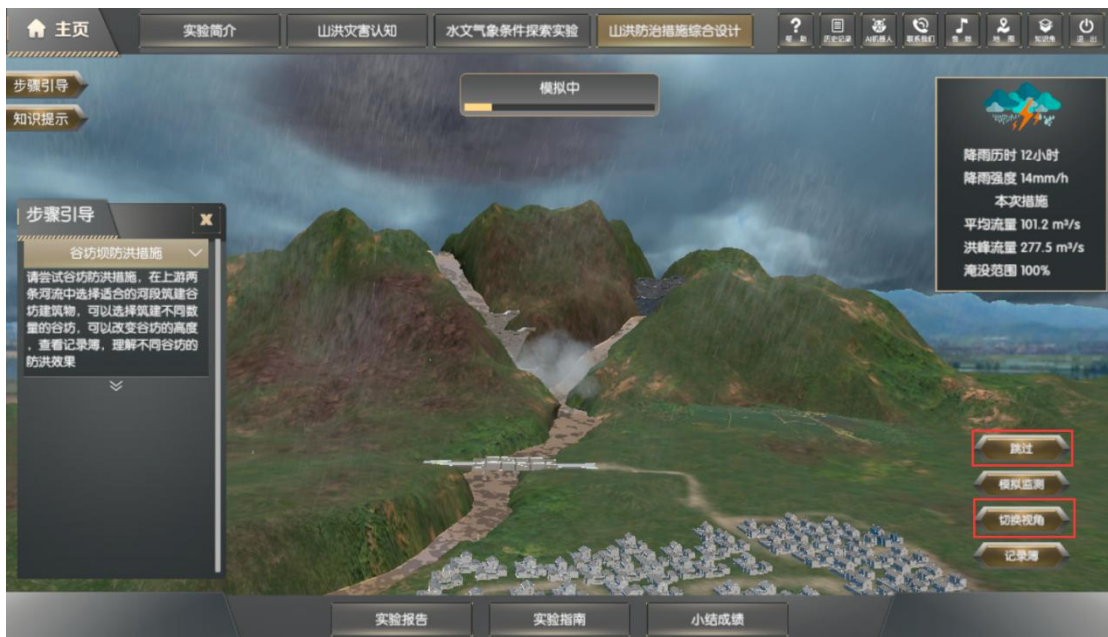


图 3-40 谷坊坝防洪措施下的山洪动态过程



图 3-41 谷坊坝措施下的防洪效果

④防洪监测模拟结束后，会自动弹出本次措施的防洪效果，如图 3-41 所示；本次山洪防治措施的具体参数及其防洪效果的详细数据均记录在后台，点击记录簿，可以查看详细的防洪数据，包括降雨量、土壤含水量、河道流量，以及有无防洪措施的防洪效果对比，具体如图 3-42 所示。

⑤为了对比不同谷坊坝防洪措施的山洪防治效果，需要重复②-④步，多次设置不同谷坊坝数量及参数，对比分析不同谷坊坝措施的防洪效果。

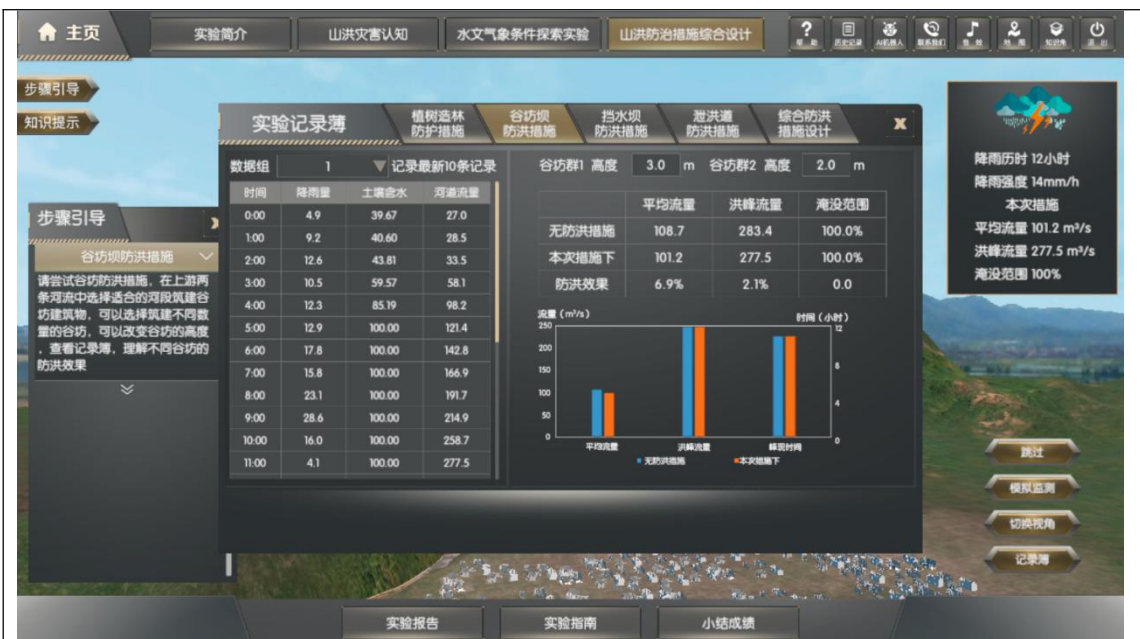


图 3-42 谷坊坝措施下的详细防洪数据记录簿

### 步骤 8: 挡水坝措施防洪实践

①为了研判挡水坝防洪措施的防洪效果，在“山洪防治措施综合设计”实验场景中，点击下拉菜单的“挡水坝防洪措施设计”进入本模块（图 3-31），系统随机给学生分配一种可以产生山洪灾害的水文气象条件，具体水文气象信息显示在界面右上角，如图 3-43 所示。

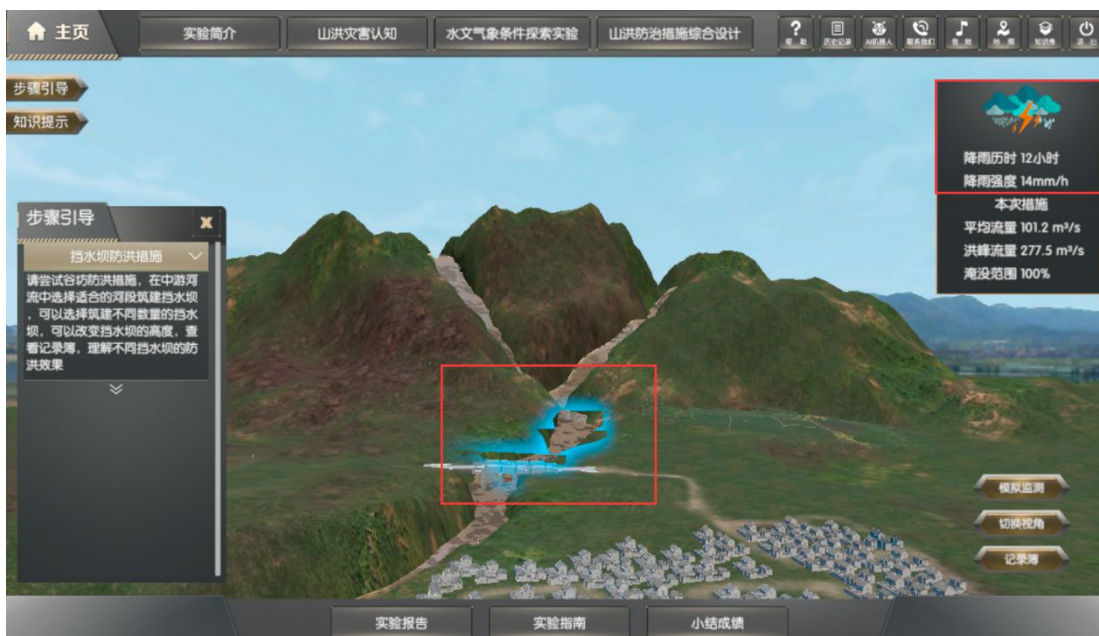


图 3-43 本次山洪爆发的随机水文气象条件

②经前期的勘测分析，初步判断本区域有三处位置适合建设挡水坝（图 3-43），已蓝色高亮显示，可以点击任何提示的区域，弹出对话框，设置不同的挡水坝建



设参数，如图 3-44 所示。



图 3-44 挡水坝建设参数的设置

③为了判断本次防洪措施的防洪效果，设置完毕之后，点击右下角的“防治监测”按钮，可以查看本次防洪措施下的防洪效果，监测过程中，点击“切换视角”，可以实时查看不同视角下的山洪灾害动态过程、桥梁冲毁过程、房屋淹没倒塌过程，如图 3-45 所示，可以随时点击“跳过”按钮结束山洪动态过程。



图 3-45 挡水坝防洪措施下的山洪动态过程

④防洪监测模拟结束后，会自动弹出本次措施的防洪效果，如图 3-46 所示；本次山洪防治措施的具体参数及其防洪效果的详细数据均记录在后台，点击记录

簿，可以查看详细的防洪数据，包括降雨量、土壤含水量、河道流量，以及有无防洪措施的防洪效果对比，具体如图 3-47 所示。



图 3-46 挡水坝措施下的防洪效果



图 3-47 挡水坝措施下的详细防洪数据记录簿

⑤为了对比不同挡水坝防洪措施的山洪防治效果，需要重复②-④步，多次设置不同挡水坝数量及参数，对比分析不同挡水坝措施的防洪效果。

### 步骤 9：泄洪道措施防洪实践

①为了研判泄洪道防洪措施的防洪效果，在“山洪防治措施综合设计”实验

场景中，点击下拉菜单的“泄洪道防洪措施设计”进入本模块（图 3-31），系统随机给学生分配一种可以产生山洪灾害的水文气象条件，具体水文气象信息显示在界面右上角，如图 3-48 所示。

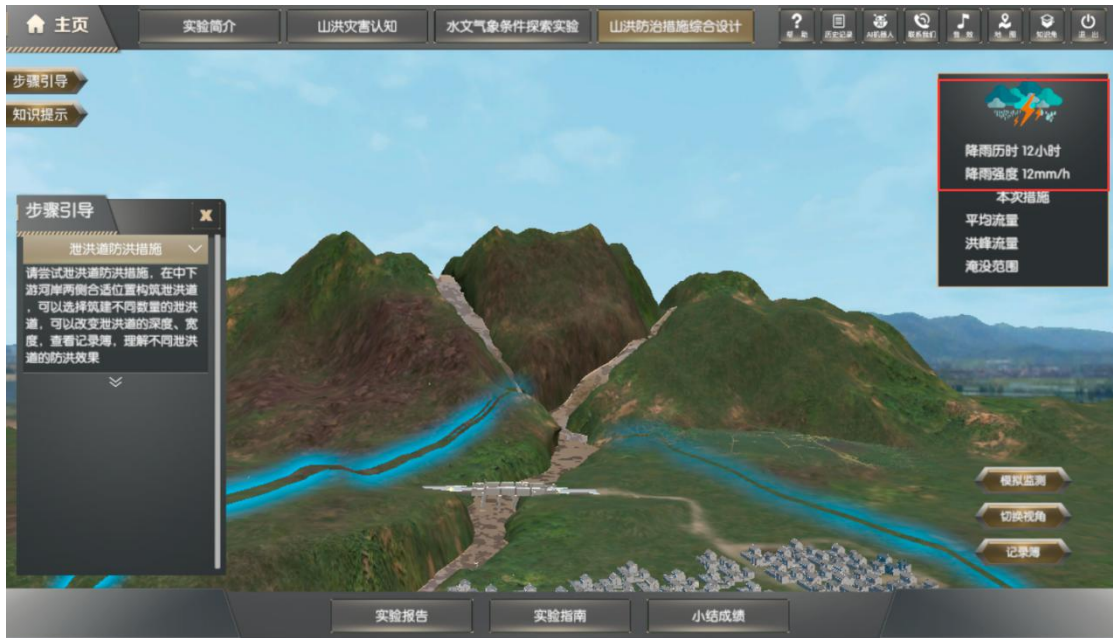


图 3-48 本次山洪爆发的随机水文气象条件

②经前期的勘测分析,初步判断本区域有两处位置适合建设泄洪道(图 3-48),已蓝色高亮显示,可以点击任何提示的区域,弹出对话框,设置不同的泄洪道建设参数,如图 3-49 所示。



图 3-49 泄洪道防洪措施的建设参数设计

③为了判断本次防洪措施的防洪效果，设置完毕之后，点击右下角的“防治监测”按钮，可以查看本次防洪措施下的防洪效果，监测过程中，点击“切换视角”，可以实时查看不同视角下的山洪灾害动态过程、桥梁冲毁过程、房屋淹没倒塌过程，如图 3-50 所示，可以随时点击“跳过”按钮结束山洪动态过程。



图 3-50 泄洪道防洪措施下的山洪动态过程

④防洪监测模拟结束后，会自动弹出本次措施的防洪效果，如图 3-51 所示；本次山洪防治措施的具体参数及其防洪效果的详细数据均记录在后台，点击记录簿，可以查看详细的防洪数据，包括降雨量、土壤含水量、河道流量，以及有无防洪措施的防洪效果对比，具体如图 3-52 所示。



图 3-51 泄洪道防洪措施下的的防洪效果

⑤为了对比不同泄洪道防洪措施的山洪防治效果，需要重复②-④步，多次设置不同泄洪道数量及参数，对比分析不同泄洪道措施的防洪效果。



图 3-52 泄洪道措施下的的详细防洪数据记录簿

⑥点击下方的“小结成绩”，可以查看本实验环节的响应部分（图 3-53）。



图 3-53 本实验环节的小结成绩

步骤 10: 不同防治措施防治效果的对比分析

经过步骤 6-9, 已经对不同防洪措施进行了多次模拟, 点击下方的实验记录

簿按钮，可以每种措施查看最近 10 次的山洪模拟数据、防洪效果关键数据，包括流量的变化、土壤含水量的变化，淹没范围的对比，洪峰流量的对比。为了综合研判不同防洪措施防洪效果的异同，本部分可以分析不同防洪措施的防洪效果。对所有的结果进行对比分析之后，经过归纳推理，总结各种防洪措施防洪效果的异同及优缺点。

### 实验环节三：山洪灾害防治方案综合设计

#### 步骤 11：山洪灾害防治方案综合设计

①为了考查前面学生对山洪防治措施防洪效果的掌握程度，并考核学生的自主设计山洪防治方案的设计能力。在“山洪防治措施综合设计”实验场景中，点击下拉菜单的“综合防洪措施设计”进入本模块，如图 3-54 所示，系统给每个学生随机分配一种可以产生山洪灾害的水文气象条件，具体水文气象信息显示在界面右上角，如图 3-55 所示。



图 3-54 山洪灾害防治综合设计进入界面

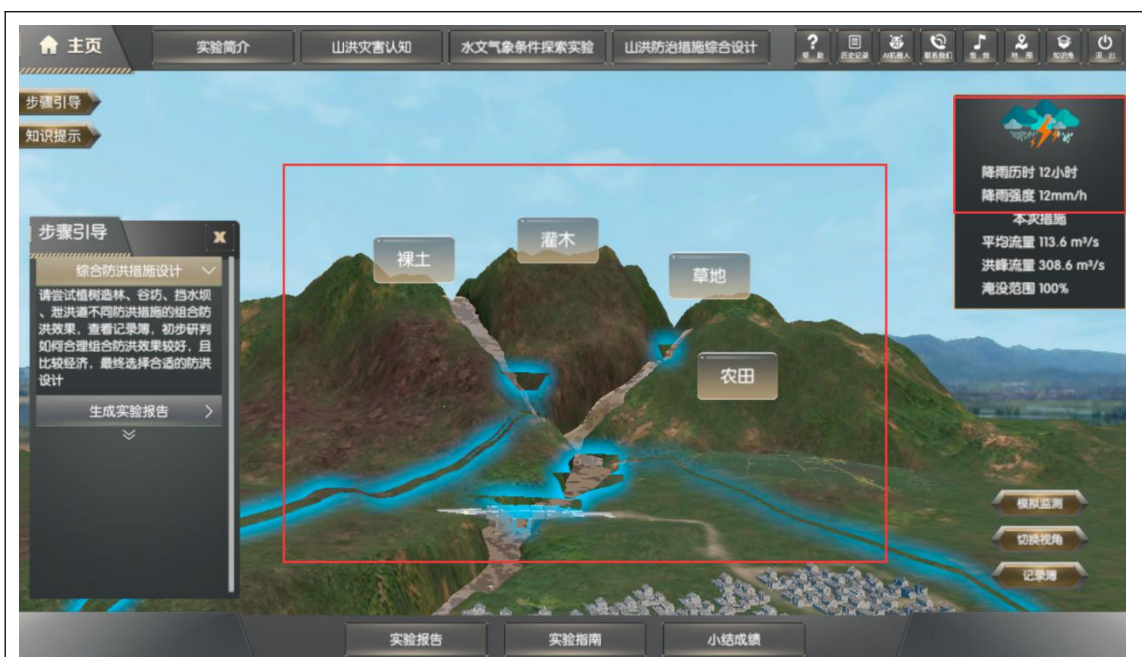


图 3-55 随机生成的水文气象条件

②如图 3-55 所示，前期训练的所有防洪措施，植树造林、谷坊坝、挡水坝、泄洪道措施均已蓝色高亮显示，本环节中，可以点击任何提示的区域，选择任何一种或者多种防洪措施进行建设，设计不同的山洪防治措施综合方案，如图 3-56 所示。



图 3-56 山洪防治措施综合方案

③为了判断本次防洪综合设计的防洪效果，设置完毕之后，点击右下角的“防治监测”按钮，可以查看本次防洪方案下的防洪效果，监测过程中，点击“切换视角”，可以实时查看不同视角下的山洪灾害动态过程、桥梁冲毁过程、房屋淹没倒塌过程，如图 3-57，可以随时点击“跳过”按钮结束山洪动态过程。



图 3-57 本次山洪防治综合方案下的山洪防治过程

④防洪监测模拟结束后,会自动弹出本次设计方案措施的防洪效果,如图 3-58 所示;本次山洪防治综合方案的具体参数及其防洪效果的详细数据均记录在后台,点击记录簿,可以查看详细的防洪数据,包括降雨量、土壤含水量、河道流量,以及有无防洪措施的防洪效果对比,具体如图 3-59 所示。



图 3-58 本次山洪防治综合方案下的山洪防治效果



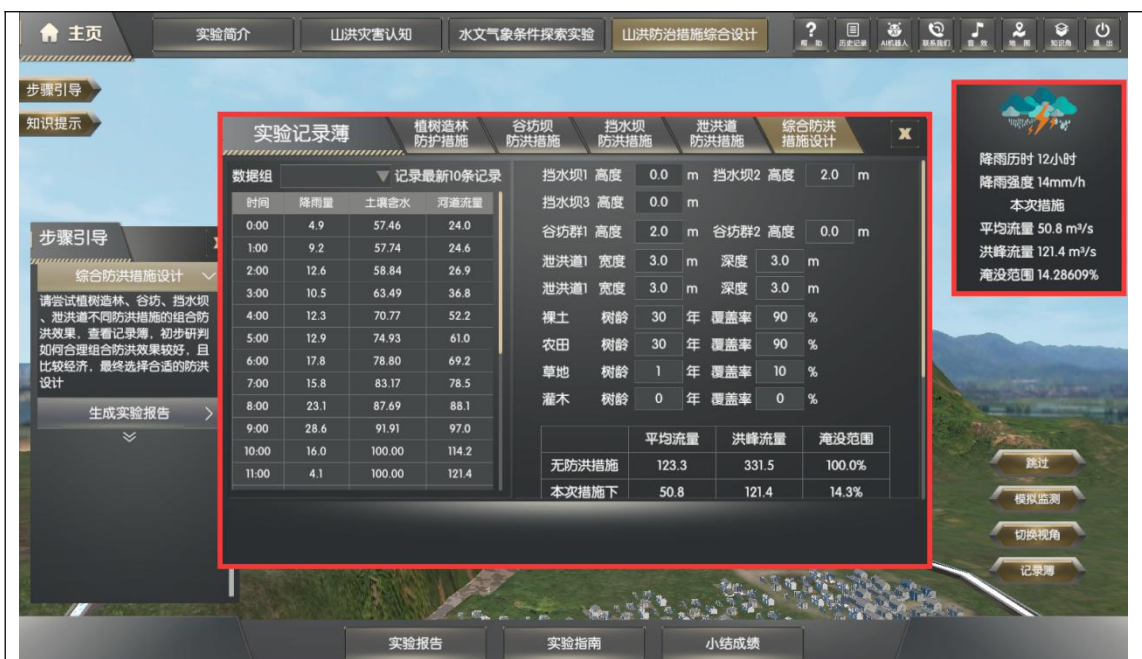


图 3-59 本次山洪防治综合方案下的山洪防治参数及详细数据

⑤为了对比不同防洪方案的防治效果，学生可以对各种防洪措施进行组合，并分析综合防洪效果，最需要重复②-④步，点击方案设计，最终选择适合本次山洪场景的最优一种防洪措施组合，要求在满足防洪的前提下，即洪峰削减百分比超过 50%，防洪措施最少为最佳，如图 3-60 所示。



图 3-60 山洪防治综合设计方案的选择与提交

⑥点击下方的“小结成绩”，可以查看本实验环节的响应部分（图 3-61）。



图 3-61 本实验环节小结报告成绩

### 实验报告提交与考核

①完成上面三个的实验环节后，进入实验考核模块，操作者返回主页，查看下方的实验成绩，点击提交，如图 3-62 所示，系统将自动生成实验报告和实验考核得分；如图 3-63 所示，点击实验报告，可以查看本次实验自动生成的实验报告，本次实验结束。

②实验考核分测试考核、操作步骤、防洪设计考核。各模块为百分制考核，实验全部完成后，导出实验报告，各模块得分通过加权系数，计算出综合成绩。在操作流程中各个操作均有设置分值，以及详细的计分标准。



图 3-62 本实验成绩查看与提交



图 3-63 最终实验报告

### 3-7 实验结果与结论（说明在不同的实验条件和操作下可能产生的实验结果与结论）

1) 设置不同的水文气象条件，会导致不同规模的暴雨山洪灾害，其河水漫堤，淹没范围不尽相同

降雨量、前期土壤含水量、前期河道流量较低的情况下，产生的河道流量较低，不发生山洪灾害；降雨量、前期土壤含水量、前期河道流量居中的情况下，产生的河道流量较高，河水漫堤，淹没部分区域，发生一般规模的山洪灾害；降雨量、前期土壤含水量、前期河道流量很高的情况下，产生的河道流量很高，河水漫堤，淹没下游大部分乃至整个村镇，冲毁房屋、桥梁，发生程度较强的山洪灾害；

2) 学生改变同一水文气象条件的次数不同，会对其影响山洪的机理产生不同的理解程度

设置某一水文气象条件不同数值的次数过少，则不能全面理解水文气象要素对山洪灾害的影响机理；譬如只改变一次，则完成不能理解该水文气象条件与山洪灾害发生的关系；只改变两次，则可能认定该水文气象条件与山洪灾害发生的关系是线性的；改变三次以上，方可正确全面理解该水文气象条件对山洪灾害发生的影响机理。

3) 学生改变水文气象条件的个数不同，会对其影响山洪灾害发生的机理产生不同的理解程度

分别改变降雨量、前期土壤含水量、前期河道流量中的某一个，而不改变其他两个影响因素，不能判断所有不同水文气象要素对山洪灾害的影响机理；依次

分别改变降雨量、前期土壤含水量、前期河道流量，可以分析与判断所有不同水文气象要素对山洪灾害的影响机理；

#### **4) 学生设置不同山洪防治措施，会导致山洪防治效果的不同判断**

只设置工程措施或非工程措施，不能分析判断工程与非工程措施防洪的异同；在非工程措施中，只改变某一种植被类型，则不能分析判断不同植树造林措施防洪效果的异同；在工程措施中，只设置某一种措施，则不能分析判断不同工程措施防洪效果的异同；

#### **5) 对于同一种防洪措施，学生改变次数不同，产生不同的实验结论**

对于同一种工程措施，改变其设计参数次数太少，则不能正确理解不同设计参数的工程措施对防洪效果的影响程度；改变某一工程措施或非工程措施的次数达到三次以上，才能全面定量分析判断该防洪措施对山洪灾害的防洪效果；

#### **6) 随机生成山洪灾害发生的水文气象情景，设计不同防洪方案**

针对不同的山洪灾害发生场景，不同学生对其场景进行分析判断，综合设计出不同的山洪防治措施及其设计参数；

#### **7) 防洪方案不同，决定了防洪成功与否，防洪效果不同**

针对给出的随机山洪灾害发生场景，不同的防洪设计方案，会产生不同防洪效果；优秀的设计方案，将会削减 50%以上的暴雨山洪灾害，防洪成功；一般的设计方案，将会削减 10%-50%的暴雨山洪灾害，防洪失败，但是具有一定的防洪效果；较差的设计方案，将会削减 10%以下的暴雨山洪灾害，防洪失败。

### **3-8 面向学生要求**

#### **(1) 专业与年级要求**

水文与水资源工程、大气科学（水文气象方向）本科专业二年级、三年级学生。

#### **(2) 基本知识和能力要求**

具有水文学、水利工程概论、山洪泥石流预警预报等基础与常识，具备统计分析和仪器操作能力。

本实验项目，既适用于在校专业学生，也可适用于相关专业学生、水利、气象、地质等研究与管理部门的技术人员，或从事与水文气象灾害相关的人员。从已使用过的学生反馈的情况来看，均能达到预期目标，具有比较好的学习效果。

### 3-9 实验应用及共享情况

(1) 本校上线时间：2020 年 3 月 1 日（上传系统日志）

(2) 已服务过的学生人数：本校 169 人；外校 124 人。

(3) 附所属课程教学计划或授课提纲并填写：山洪泥石流预警预报。

纳入教学计划的专业数：2 个。具体专业：水文与水资源工程；大气科学（水文气象方向）。

**课程大纲见申报书后面的附件 5。**

教学周期：每年 2 次，学习人数：583 人。

(4) 是否面向社会提供服务：●是○否

(5) 社会开放时间：2020 年 9 月 10 日

(6) 已服务过的社会学习者人数：105 人

## 4. 实验教学特色

（该虚拟仿真实验教学课程的实验设计、教学方法、评价体系等方面的特色，限 800 字以内）

**(1) 教学设计：专业知识与课程思政融合，基础理论与实践能力融合，育人理念先进**

将社会责任、职业道德等要素植入实验，让学生身临其境地感受暴雨山洪的强灾害性，触发学生对山洪灾害的敬畏以及科学严谨的工匠精神，将正确的价值追求和国家情怀传递给学生，真正将立德树人融入到教学中。实验遵循“学”为主的教学模式，通过虚拟仿真技术，注重实验的自主性和探索性，促进了基础理论与实践能力的融合发展，开创了创新的人才培养模式，提升了学生的工程实践能力，增强了学生的创新创造能力。

**(2) 教学方法：互动性、自主式、趣味性和探究性的立体化教学方法**

本实验综合使用**立体化教学方法**，达到传授知识，提高能力、拓展视野的目

的，力求贴近实际、直观生动和人机交互，可以完成实体实验无法完成的“重复发生山洪灾害事件”的设计，大大提高了学生发现问题、分析问题、和解决问题的能力。学生根据自己喜好及实践教学环节中的薄弱环节进行选择训练，达到个体化、趣味化相结合学习模式。

**(3) 考评体系：预习自测、过程控制、自主设计考核相结合，虚实与主客观考核相结合**

既考核山洪原理掌握程度，又考核实验操作过程，还针对山洪防治方案设计的优劣进行评定，实现了知识理解度、操作合理性、方案设计优劣性三位一体的综合考评体系；兼顾系统客观评价与老师主观评价，形成“虚实结合”、“主观客观”的考核体系，实现对本实验原理理解、过程训练、探索设计、课后数据深度分析的全覆盖。本体系打破传统考试评价的局限性，注重评估学生的山洪实践能力的培养，综合反映学生的自主性与探究性。

**(4) 核心技术先进：前沿科研成果反哺实践教学**

实验充分考虑当代大学生的成长特点和知识需求点，精心构思与设计了各个实验环节，基于多年的暴雨山洪实测数据，利用前沿科研成果反哺实践教学，采用高精度暴雨山洪模拟技术、虚拟仿真技术、人机互动方式，解决了山洪灾害实践教学危险性大、实验不可还原等难题，有利于培育山洪防治方面的人才。

## 5. 实验教学在线支持与服务

(1) 教学指导资源：教学指导书教学视频电子教材课程教案

(申报系统上传)课件（演示文稿）其他

(2) 实验指导资源：实验指导书操作视频知识点课件库习题库

(申报系统上传)测试卷考试系统其他

(3) 在线教学支持方式：热线电话实验系统即时通讯工具论坛

支持与服务群其他

(4) 6名提供在线教学服务的团队成员；4名提供在线技术支持的技术人员；教学团队保证工作日期间提供10小时/日的在线服务。

## 6. 实验教学相关网络及安全要求描述

### 6-1 网络条件要求

(1) 说明客户端到服务器的带宽要求（需提供测试带宽服务）

带宽要求：20M 下行对等带宽。

经测试客户机，带宽在 20M 以上时，能够有较快的加载速度和较好的交互体验。

本次测试基于主流配置计算机，模拟学生在校内校外不同的使用环境，最大限度地还原用户上网学习虚拟仿真实验的需求。

测试一：物理连接链路测试。测试目的：测试客户机和虚拟仿真实验项目网站的延迟和丢包情况；测试方法：客户机对本次虚拟仿真实验项目网站进行 PING 操作。

测试二：网络质量测试。测试目的：测试不同网络环境访问本虚拟仿真实验页面的加载情况。测试方法：通过 IP 代理，测试客户机在不同地域环境下打开虚拟仿真实验项目网页的速度。

测试结果：

当客户机带宽小于 20M 时，丢包情况严重、网络延时都很高，部分环境延时可以达到 20ms 以上，丢包率超过 5%；

当客户机带宽小于 20M 的时候，在不同 IP 对本虚拟仿真实验网页打开的测试中，网页打开速度较慢，特别是课件加载卡顿现象也常有发生，访问效果不理想。

基于以上测试结果，我们推荐客户机的带宽应大于 20M。

(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）

本虚拟仿真项目的服务器最佳响应并发数为 300。

我们模拟用户访问虚拟仿真项目网站首页、用户登录和加载课件等操作。

经测试，当用户数量在 300 以下时，各项服务均能在 0.2s 内做出响应，服务器负载处于较低水平，课件加载也很快。当用户数达到 2000，服务响应时间维持在 0.8s 以内，但课件加载速度下降严重。当用户数达到 6000 时，服务响应时间超过 1s，服务器负载也超过了 80%。

基于以上测试结果我们认为本虚拟仿真项目服务器的最佳响应并发数为 300。

**6-2 用户操作系统要求**（如 Windows、Unix、IOS、Android 等）

(1) 计算机操作系统和版本要求

计算机操作系统为 Windows7、Windows8、Windows10  
Deepin15.7（国产 Linux 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

**6-3 用户非操作系统软件配置要求**（兼容至少 2 种及以上主流浏览器）

(1) 非操作系统软件要求（支持 2 种及以上主流浏览器）

谷歌浏览器 IE 浏览器 360 浏览器 火狐浏览器 其他

(2) 需要特定插件是 否

如勾选“是”，请填写：

插件名称：（插件全称）

插件容量：

下载链接：

(3) 其他计算终端非操作系统软件配置要求（需说明是否可提供相关软件下载服务）

学生需要在 Windows7、Windows8、Windows10 系统环境下，使用以下浏览器打开：

| 浏览器类型                    | 支持 WebGL  | 不支持 WebGL    |
|--------------------------|---|--------------|
| Mozilla Firefox 52 及以上版本 | 支持  |              |
| Google Chrome 57 及以上版本   | 支持  |              |
| Apple Safari 11 及以上版本    | 支持  |              |
| MS Edge 16 及以上版本         | 支持  |              |
| 360 浏览器                  | 基于（Chrome）内核，并且开启极速模式、智能开启硬件加速情况下支持存在右键划线问题，属于浏览器自身设置原因，关闭浏览器鼠标手势即可 | 基于（IE）内核，不支持 |



浏览器:Google Chrome

下载地址: [http://dl.hdmoon.com/tools/chrome\\_x64.exe](http://dl.hdmoon.com/tools/chrome_x64.exe)

#### 6-4 用户硬件配置要求 (如主频、内存、显存、存储容量等)

##### (1) 计算机硬件配置要求

Web 端 用户硬件要求

处理器: Intel (R) Core (TM) i5

主频: 2.4GHz

内存: 8GB

显卡: NVIDIA GeForce GTX GT740 2G

##### (2) 其他计算终端硬件配置要求

无特殊要求, 满足能上网功能即可。

#### 6-5 用户特殊外置硬件要求 (如可穿戴设备等)

##### (1) 计算机特殊外置硬件要求

无

##### (2) 其他计算终端特殊外置硬件要求: 无 有

如勾选“有”, 请填写其他计算终端特殊外置硬件要求:

无

#### 6-6 网络安全 (实验系统要求完成国家信息安全等级二级认证)

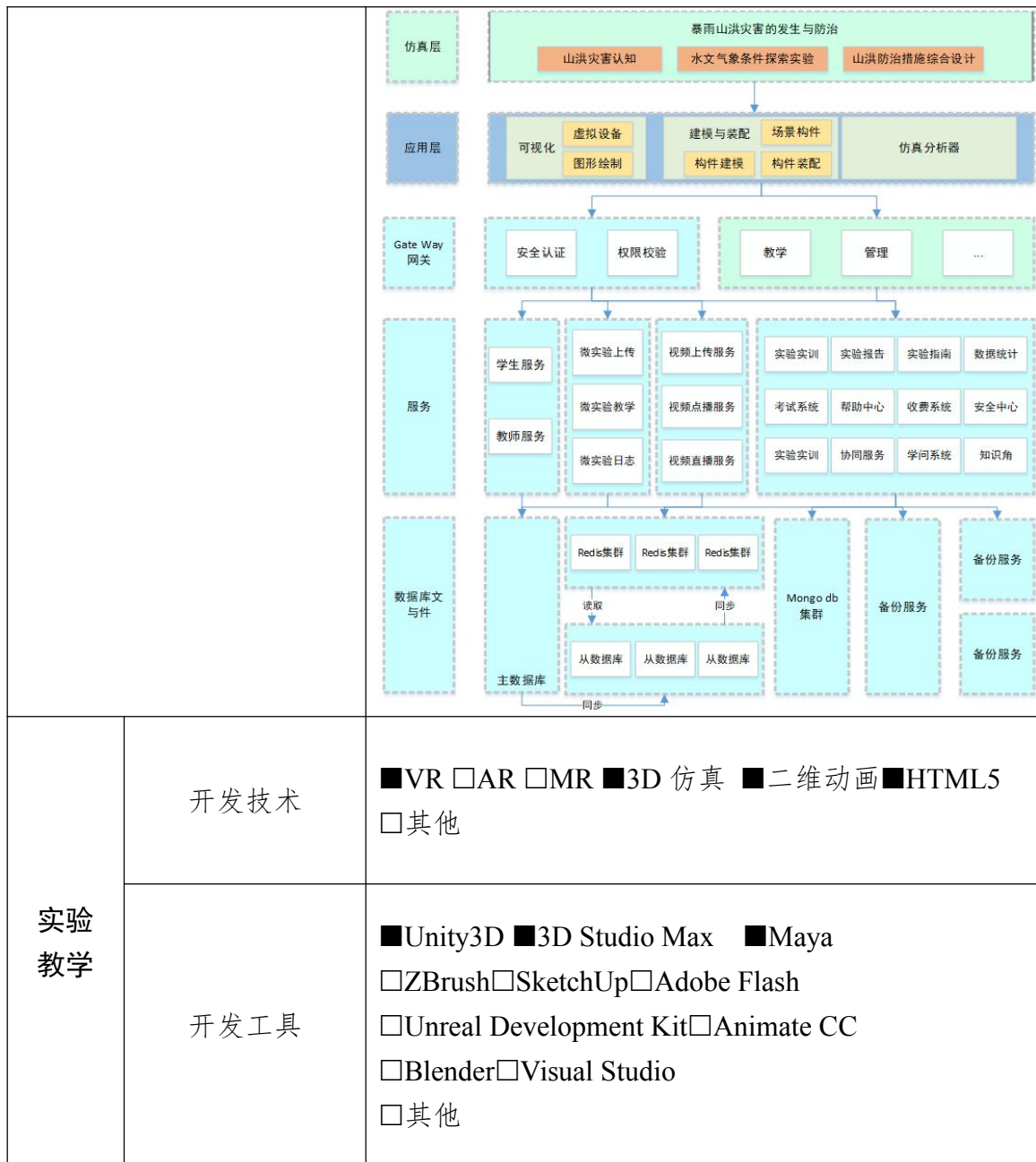
##### (1) 证书编号: 32011443001-21001

##### (2) 请附信息系统安全等级保护备案证明

|   |   |
|---|---|
| <b>信息系统安全等级保护<br/>备案证明</b>                          |   |
| 依据《信息安全等级保护管理办法》的有关<br>规定, <u>南京信息工程大学</u> 单位<br>的: |   |
| 第 <u>二</u> 级 <u>虚拟仿真实验教学项目平台系统</u>                  |   |
| 予以备案。   |   |
| 证书编号: <b>32011443001-21001</b>                      |   |
| 中华人民共和国公安部监制  |  |

## 7. 实验教学技术架构及主要研发技术

| 指标         | 内容  |
|------------|---|
| 系统架构图及简要说明 | <p>本系统是基于 B/S 架构设计的虚拟仿真实验教学平台。系统采用轻量化的开发语言和模块化设计方案，部署简单、使用方便。系统支持分布式部署方案，可随使用情况动态扩充容量，基于容器化部署还可实现自动扩容，无需人为干预。</p> <p>系统包含实验实训、实验报告、实验指南、数据统计、考试系统、帮助中心、收费系统、安全中心、资源中心、协同服务、学问系统和知识角等功能模块。系统除支持虚拟仿真实验外还可上传视频和其它文档资料，支持系统化课程体系学习。系统可对学生实验、学习数据做详细记录并分析每个学生的学习情况和整体学生知识掌握情况，实验报告系统可对学生提交的实验报告进行自动批阅也可由教师人工批阅或学生相互阅评。</p> <p>系统用户可分为教师和学生两种角色。教师可发布实验资源、建设实验课程、设置课程共享信息、可查看发布课程的学习情况、可批阅学生实验报告和考试。学生可报名参与课程，可观看报名课程的视频操作课程的实验资源，可查看个人的学习情况，可评价学习课程、参与课程讨论，可参与实验报告互评等。</p> |



|   |   |
|---|---|
| 运行环境  | <p>服务器<br/>CPU16核、内存 32 GB、磁盘 1000 GB、显存 16 GB、GPU 型号 NVIDIAGRDK1</p> <p>操作系统<br/> <input checked="" type="checkbox"/>Windows Server <input type="checkbox"/>Linux<input type="checkbox"/>其他<br/>         具体版本：<br/>         数据库<br/> <input checked="" type="checkbox"/>Mysql<input type="checkbox"/>SQL Server<input type="checkbox"/>Oracle<br/> <input type="checkbox"/>其他<br/>         备注说明（需要其他硬件设备或服务器数量多于 1 台时请说明）<br/>         是否支持云渲染： <input type="radio"/>是<input type="radio"/>否</p> |
| 实验品质（如：单场景模型总面数、贴图分辨率、每帧渲染次数、动作反馈时间、显示刷新率、分辨率等） | <p>单场景模型总面数：40 万三角面<br/>         贴图分辨率：512*512<br/>         每帧渲染次数：30fps<br/>         动作反馈时间：1/90s<br/>         显示刷新率：60HZ<br/>         分辨率：4K</p>  |

## 8. 实验教学课程持续建设服务计划

（本实验教学课程今后 5 年继续向高校和社会开放服务计划及预计服务人数）

### （1）课程持续建设

| 日期  | 描述   |
|-----|--|
| 第一年 | 持续跟踪收集学生使用后的反馈信息，不断整改，完善虚拟仿真实验的内容，提高软件的质量。 |
| 第二年 | 收集全国不同气候区的真实山洪灾害数据，对实验进一步优化设计              |
| 第三年 | 拓展实验内容“泥石流灾害防治”                            |
| 第四年 | 拓展实验内容“山体滑坡灾害防治”，                          |
| 第五年 | 拓展实验内容“山洪生态灾害防治”                           |

其他描述：

今后五年中，在央地共建专项资金的持续支持下，继续加大经费投入 50 万/年，持续跟踪收集学生使用后的反馈信息，并收集全国不同气候区的真实山洪灾害数据，对实验进一步优化设计不断整改，完善虚拟仿真实验的内容，提高软件

的质量。另外一方面，本虚拟仿真实验项目面向高校和社会持续开放，实验内容将拓展“泥石流灾害防治”，“山体滑坡灾害防治”，“山洪生态灾害防治”等项目，可以为水利类、大气科学类、水文气象类专业学生提供野外实习认知训练，为理论教学提供一种重要补充。

(2) 面向高校、社会的教学推广应用计划

| 日期  | 推广高校数 | 应用人数 | 推广行业数 | 应用人数 |
|-----|-------|------|-------|------|
| 第一年 | 2     | 200  | 1     | 150  |
| 第二年 | 3     | 300  | 1     | 250  |
| 第三年 | 4     | 400  | 2     | 400  |
| 第四年 | 5     | 500  | 2     | 600  |
| 第五年 | 6     | 600  | 3     | 600  |

其他描述：

今后五年中，充分利用南京信息工程大学国家级大气科学与环境气象实验教学中心、国家级大气科学与气象信息虚拟仿真教学中心和江苏省地球科学虚拟仿真实验教学共享平台的平台优势，积极联合相关高校，包括河海大学、合肥工业大学、济南大学、华北水利水电大学等，加强山洪灾害防治虚拟仿真实验的开发和研究，不断把最新科研成果，转化为优质的实验教学资源，推进虚拟仿真教学实验的改革。预计五年内，推广高校 20 所，受益师生达到 2000 人次。

进一步扩展实验项目，为国内水利类专业本科生及山洪灾害等水文气象灾害预警与防治方面的实际工作人员提供全面的实践教学平台，为气象、水文、地质部门培养具体水文气象灾害防治实践经验的人才，并将面向初高学生企事业单位提供科普展示：①利用南京信息工程大学江苏省科普教育基地，定期向初高中进行科普展示；②通过各类教学研讨会和水文气象一线业务单位，持续免费推广，力争五年内，受益用户达到 2000 人次。


## 9. 知识产权

| 软件著作权登记情况   |  |
|---|--|
| 以下填写内容须与软件著作权登记一致   |  |
| 软件名称  | 暴雨山洪发生与防治虚拟仿真实验教学系统  |
| 是否与课程名称一致   | <input checked="" type="radio"/> 是 <input type="radio"/> 否 |
| <p>每栏只填写一个著作权人，并勾选该著作权人类型。如勾选“其他”需填写具体内容；如存在多个著作权人，可自行增加著作人填写栏进行填报。</p> |  |

|                                |   |
|--------------------------------|---|
| 著作权人                           | 著作权人类型  |
|                                | <input checked="" type="radio"/> 课程所属学校 <input type="radio"/> 企业<br><input type="radio"/> 课程负责人 <input type="radio"/> 学校团队成员<br><input type="radio"/> 企业人员 <input type="radio"/> 其他 |
| 权利范围                           | 全部权利  |
| 软件著作权登记号                       | 2020SR0983552   |
| 如软件著作权正在申请过程中，尚未获得证书，请填写受理流水号。 |   |
| 受理流水号                          |   |

## 10. 诚信承诺

本团队承诺：申报课程的实验教学设计具有一定的原创性，课程所属学校对本实验课程内容（包括但不限于实验软件、操作系统、教学视频、教学课件、辅助参考资料、实验操作手册、实验案例、测验试题、实验报告、答疑、网页宣传图片文字等组成本实验课程的一切资源）享有著作权，保证所申报的课程或其任何一部分均不会侵犯任何第三方的合法权益。

实验教学课程负责人（签字）：

2021年 6月 7日

## 11. 附件材料清单

### 1. 课程团队成员和课程内容政治审查意见（必须提供）

（申报课程高校党委负责对本校课程团队成员以及申报课程的内容进行政审，出具政审意见并加盖党委印章；团队成员涉及多校时，各校党委分别对本校人员出具意见；非高校成员由其所在单位党组织出具意见。团队成员政审意见内容包括政治表现、是否存在违法违纪记录、师德师风、学术不端、五年内是否出现过重大教学事故等问题；课程内容审查包括价值取向是否正确，对于我国政治制度以及党的理论、路线、方针、政策等理解和表述是否准确无误，对于国家主权、领土表述及标注是否准确，等等。）



## 关于虚拟仿真实验教学课程团队和课程内容的政治审查意见

根据《教育部办公厅关于开展第二批国家级一流本科课程认定工作的通知》（教高厅函〔2021〕13号）和《省教育厅办公室关于开展第二批国家级和首批省级一流本科课程推荐认定工作的通知》（苏教办高函〔2021〕14号）要求，学校党委对该课程团队成员和课程内容进行政审。该课程团队成员政治立场坚定，严格遵守国家法律法规和学校各项规章制度，具有良好的政治素质、业务水平和师德师风，无违规违纪现象，不存在学术不端等问题，五年内未出现过重大教学事故。课程内容遵循正确的政治方向和价值取向，准确表述了我国政治制度以及党的理论、路线、方针、政策等，对国家主权、领土表述及标注准确。课程具有开放共享价值，不涉及国家机密和侵权行为。课程团队成员和课程内容政治审查合格，符合申报要求。

中共南京信息工程大学委员会



2021年6月4日

## 关于第二批国家级一流本科课程推荐课程 课程团队成员和课程内容的政治审查意见

经审查，伍致明、何欣、孙郑、朱军 政治表现 优秀，无违法违纪记录，无师德师风问题，无学术不端行为，五年内未出现过重大教学事故。由以上团队参加的南京信息工程大学暴雨山洪灾害的发生与防治虚拟仿真实验 课程内容价值取向正确，对于我国政治制度以及党的理论、路线、方针、政策等理解和表述准确无误，对于国家主权、领土表述及标注准确。

同意该课程参与第二批国家级一流本科课程申报。



### 2. 课程内容学术性评价意见（必须提供）

[由学校学术性组织（校教指委或学术委员会等），或相关部门组织的相应学科专业领域专家（不少于3名）组成的学术审查小组，经一定程序评价后出具。须由学术性组织盖章或学术审查小组全部专家签字。无统一格式要求。]

## 课程内容学术性评价意见

“暴雨山洪灾害的发生与防治虚拟仿真实验”依托先进的虚拟仿真技术，瞄准水利工程类专业特色课程《山洪泥石流预警预报》、《水文预报》中的山洪成因机制与洪水防治的核心知识点，成功解决了山洪灾害实验具有突发性大、破坏性强、危险性大、不可重复等一系列问题，有效弥补了实际教学中实训不足的缺点。

本实验坚持以学生为中心的实验教学理念，采用多样化实验教学方法以充分调动学生参与实验教学的积极性和主动性，包括情景体验式教学方法、交互体验式教学方法、探究式教学方法、互动研讨式教学等教学方法，深入浅出地解释说明了水文气象条件对山洪灾害发生的影响机制，综合采用观察法、控制变量法、类比法、比较法、自主设计法等实验方法，学生可以自主设计不同防治措施应对山洪灾害，体现了项目的高阶性、创新性、挑战度。采用多层次、多方式等综合的考核方式对学生进行全方位的考核评价，全面反映学习效果。

该实验的各个实验模块和环节经过了精心构思与设计，实现了前沿科研成果反哺实践教学，将社会责任、职业道德等课程思政要素植入了教学项目，让学生身临其境地感受暴雨山洪灾害的危险程度，触发学生对自然灾害的敬畏以及科学严谨的工匠精神，并将正确的价值追求、理想信念和国家情怀有效地传递给学生，真正将立德树人融入到教学的全过程。

该课程充分考虑当代大学生的成长特点和知识需求点，突破了实体实验的时空限制，做到随时实验、随地实验，能够极大地调动了学生参与实验教学的积极性和主动性，提高了学生对课程的学习兴趣，提升了学生的工程实践能力，增强了学生的创新创造能力。

南京信息工程大学学术委员会

2021年6月4日

学术委员会

### 3. 校外评价意见（可选提供）

（评价意见作为课程有关学术水平、课程质量、应用效果等某一方面的佐证性材料或补充材料，可由课程应用高校或社会应用机构等出具。评价意见须经相关单位盖章，以1份为宜，不得超过2份。无统一格式要求。）

### 校外评价意见

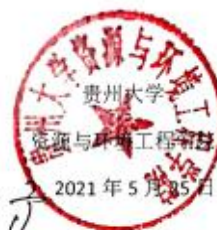
南京信息工程大学开发的“暴雨山洪灾害的发生与防治虚拟仿真实验”项目，依托先进的虚拟仿真技术，瞄准水利工程类专业特色课程《山洪泥石流预警预报》、《水文预报》中的山洪成因机制与洪水防治的核心知识点，成功解决了山洪灾害实验具有突发性大、破坏性强、危险性大、不可重复等一系列问题，有效弥补了实际教学中实训不足的缺点。

南京信息工程大学是国家“双一流”建设高校，是江苏高水平大学建设重点支持高校，地球科学、环境科学与生态学等4个学科跻身ESI学科排名全球前1%。水利工程学科是学校重点培育学科，依托大气科学全国双一流建设学科发展迅速，被泰晤士高等教育学科评级中心评为A级学科，2021年入选软科世界双一流学科排行榜。依托江苏省“地球科学虚拟仿真实验教学共享平台”，在“能实不虚，虚实融合”的实践教学理念指导下，坚持对虚拟仿真实验教学平台、课程体系等方面积极进行教学改革和探索，开发了暴雨山洪灾害的发生与防治虚拟仿真实验教学系统，该系统深入浅出地解释说明了水文气象条件对山洪灾害发生的影响机制，学生可以自主设计不同防治措施应对山洪灾害，受到师生一致好评。

本实验坚持以学生为中心的实验教学理念，采用多样化实验教学方法以充分调动学生参与实验教学的积极性和主动性，包括情景体验式教学方法、交互体验式教学方法、探究式教学方法、互动研讨式教学等教学方法，综合采用观察法、控制变量法、类比法、比较法、自主设计法等实验方法，体现了项目的高阶性、创新性、挑战度。采用多层次、多方式等综合的考核方式对学生进行全方位的考核评价，全面反映学习效果。

该项目的各个实验模块和环节经过了精心构思与设计，实现了前沿科研成果反哺实践教学，将社会责任、职业道德等课程思政要素植入了教学项目，让学生身临其境地感受暴雨山洪灾害的危险程度，触发学生对自然灾害的敬畏以及科学严谨的工匠精神，并将正确的价值追求、理想信念和国家情怀有效地传递给学生，真正将立德树人融入到教学的全过程。

该项目充分考虑当代大学生的成长特点和知识需求点，在我院取得了良好的应用效果，学生普遍给予高度评价，认为该项目突破了实体实验的时空限制，做到随时实验、随地实验，极大地调动了学生参与实验教学的积极性和主动性，提高了学生对课程的学习兴趣，提升了学生的工程实践能力，增强了学生的创新创造能力。



## 附件 4 软著证书

**中华人民共和国国家版权局**  
**计算机软件著作权登记证书**

证书号： 软著登字第5862248号

软件名称： 暴雨山洪发生与防治虚拟仿真实验教学系统  
V1.0

著作权人： 南京信息工程大学

开发完成日期： 2020年06月05日

首次发表日期： 未发表

权利取得方式： 原始取得

权利范围： 全部权利

登记号： 2020SR0983552

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。


No. 06289607

  
2020年08月25日

## 附件 5 课程教学大纲

### 《山洪泥石流预警预报》课程教学大纲

#### 一、课程基本信息

|          |  |      |    |    |
|----------|--|------|----|----|
| 课程名称（中文） | 山洪泥石流预警预报  |      |    |    |
| 课程名称（英文） | Flash Flood Early Warning System   |      |    |    |
| 课程类别     | 专业课  | 授课语言 | 中文 |    |
| 课程学分     | 2  |      |    |    |
| 课程学时及分配  | 总学时  | 理论   | 实验 | 课外 |
|          | 32   | 24   | 8  | 0  |
| 适用专业     | 水文与水资源工程、大气科学（水文气象方向）  |      |    |    |
| 授课学院     | 水文与水资源工程学院   |      |    |    |
| 先修课程     | 水文统计、水文学原理、水文预报、流域水文模型、天气学原理   |      |    |    |
| 后续课程     | 暴雨高风险区划、水文水资源综合  |      |    |    |
| 课程简介     | <p>课程基本定位：本课程是水文类专业的一门专业方向课，主要讲解山洪泥石流灾害的预警预测的基本理论与方法。山洪泥石流预警主要研究山洪灾害易发区发生山洪的成因、特性及规律，提出不同山洪地质灾害易发区诱发山洪的临界雨量，建立预测预报机制，通过通信平台进行山洪地质灾害的预警预报，为今后做好山洪地质灾害预报及防灾减灾提供科学决策依据。</p> <p>核心学习结果：通过本课程的学习，使学生掌握暴雨等资料收集、质量控制和数据库建立，短历时高风险区暴雨频率分布图的绘制、动态临界径流量空间分布图的绘制和动态临界雨量分布图的绘制等方面工作的基础知识与基本技能，初步具备山洪泥石流预警预测能力，为学生毕业后从事与水文气象、水利有关的灾害预警、防灾减灾等相关的科研和管理打下基础。</p> <p>主要教学方法：讲授、讨论、练习、案例、演示、虚拟仿真、野外实验等</p> |      |    |    |

#### 二、课程目标

1.目标：熟悉我国山洪泥石流灾害的分布状况，了解国内外研究进展，理解山洪泥石流预警预报的意义，掌握山洪泥石流相关基本概念，理解山洪泥石流研究的“三张图”理论。

支撑毕业要求指标点 2.1: 能够采用数学物理基本方法, 认识与判断水文与水资源工程领域的水文、水资源、水文气象方向的复杂工程问题中的关键环节;

达成途径: 讲授、讨论、案例和演示教学

2.目标: 熟悉短历时暴雨高风险区划工作过程。认识暴雨等资料收集、处理和数据质量控制过程, 理解如何利用地区线性矩法进行短历时高风险区暴雨频率分布图的绘制。

支撑毕业要求指标点 3.1: 能够完成水文与水资源工程领域的水文、水资源、水文气象方向的复杂工程设计和产品开发, 掌握各环节的基本设计、开发方法, 能够根据设计目标, 确定合适的技术方案; 指标点 4.1: 能够根据水文与水资源工程领域的水文、水资源、水文气象方向的系统需求, 通过文献研究, 利用理论分析等手段, 给出相关复杂工程问题的解决方案;

达成途径: 讲授、讨论、案例和演示教学、课后作业练习

3.目标: 掌握山洪泥石流临界降雨量基本概念, 理解静态与动态临界雨估算方法, 熟悉动态临界雨量分布图的绘制, 理解山洪泥石流预警模型及其降雨、蒸散发、土壤湿度的估算方法及其对山洪灾害的影响机理, 掌握山洪临界流量的计算方法; 理解山洪泥石流地质灾害的防治措施。

支撑毕业要求指标点 5.1: 能够使用水利科学领域常见的现代仪器、信息技术工具、工程工具和模拟软件进行预测与模拟, 并理解其局限性;

达成途径: 讲授、讨论、案例和演示教学、实验实习、课堂练习

### 三、理论教学内容

#### 第一章 绪论

##### 1、山洪泥石流概述国内外山洪灾害研究进展及个例分析 (2 学时)

思政融入点: 理解个人与自然、社会的关系, 了解中国国情, 培养人文科学素养和社会责任感。

预计学习成果: 了解山洪泥石流的分布状况, 国内外研究进展及典型个例, 理解山洪泥石流预警预报的意义, 掌握山洪泥石流概念、特征、形成条件、三大主要影响因素。认识国内外山洪监测和预警系统, 掌握山洪泥石流研究的“三张图”理论。

教学方法: 讲授、演示、案例

#### 第二章 短历时暴雨高风险区划

##### 1. 线性矩法原理及地区频率分析方法 (2 学时)

预计学习成果: 了解线性矩法在暴雨高风险区划中的应用和意义, 理解次序统计

量、线性矩定义、表达式、优缺点等，掌握线性矩与概率权重矩的关系，认识线性矩与常规矩的区别，理解基于极值降雨序列推求前四阶线性矩系数；了解地区频率分析法在暴雨高风险区划中的应用和意义，理解现行“一点一线加双眼”法的缺陷，理解地区分析法的优点和原理；掌握地区频率分析法；

教学方法：讲授、演示、案例

## 2. 水文气象一致区的划分和最优分布选择（2 学时）

预计学习成果：了解一致区的划分和最优分布选择在暴雨高风险区划中的应用和意义，理解一致区划分的标准制定，以及判定线型拟合优度的原理和方法，理解水文气象一致区的划分及其检测；认识时空分布一致性频率估计值的意义，理解造成频率估计值时空不一致性的原因及对其检验和调整的基本方法和原理；掌握站点频率估计值计算和一致性检验与调整；

教学方法：讲授、演示、案例

## 3. 短历时暴雨高风险区划图的建立（2 学时）

预计学习成果：了解短历时暴雨高风险区划图建立的意义，理解区划图的基本原理和思想，详细了解区划图制作及其在山洪预警预报中的作用，认识暴雨频率分析信息平台。

教学方法：讲授、演示、案例

# 第三章 山洪泥石流临界降雨量、蒸散发与土壤含水量估算研究

## 1. 山洪泥石流临界降雨量的内涵及估算方法（2 学时）

预计学习成果：了解降雨信息对山洪泥石流预警的重要意义，理解雷达定量估测降水和临近预报的基本原理，掌握降水数据空间插值方法，理解雷达定量估测降水的过程，了解雷达-雨量计联合校正法，雷达临近预报；理解山洪静态临界雨量的概念与内涵，认识流域山洪静态临界雨量的估算常用方法，掌握统计学的方法估算静态临界雨量，理解应用案例；

教学方法：讲授、演示、案例、虚拟仿真

## 2. 山洪发生的气象影响因素：降水、蒸散发、土壤含水量的估算方法（4 学时）

预计学习成果：了解蒸散发、土壤湿度空间分布图的不同估算方法；理解掌握空间蒸散发、土壤湿度遥感监测的基本原理。

教学方法：讲授、演示、案例、虚拟仿真

# 第四章 山洪泥石流动态临界雨量与临界径流量研究

## 1. 山洪泥石流临界径流量内涵（2 学时）



预计学习成果：理解常见的水文模型原理与模型机理，了解水文模型的建模过程；掌握山洪动态临界雨量的计算方法-水文模拟的方法；

教学方法：讲授、演示、案例、

## 2. 流域山洪动态临界雨量的估算方法及空间分布图（2 学时）

预计学习成果：理解山洪泥石流临界径流量分布图的绘制方法；理解作为三张图中第一张的山洪临界径流量空间分布图与其他两张图的联合运用。

教学方法：讲授、演示、案例、

## 第五章山洪泥石流预警系统研究与应用

### 1. AHMRI 山洪泥石流预警系统的总体构建（1 学时）

预计学习成果：理解 AHMRI 山洪泥石流预警系统关键技术的原理及内涵；

### 2. 山洪泥石流预警的其他方法与目前的瓶颈（1 学时）

预计学习成果：了解山洪泥石流预警的其他方法与目前的瓶颈

教学方法：讲授、演示、案例

## 第六章 山洪泥石流的防治措施（4 学时）

预计学习成果：理解山洪泥石流防治的工程与非工程措施的设计与防洪效果，学会如何合理运用不同的工程措施和非工程措施防治山洪泥石流

思政融入点：认识工程技术人员对公众的安全、健康和福祉的社会责任，强调在工程实践中自觉履行责任。

教学方法：讲授、演示、案例、虚拟仿真

## 四、实践教学内容

### 1. 水位与流量监测（4 学时）

实习实验内容：利用水位计、流速仪法分组进行水位与流量测验，完成数据记录与计算。

预期实习成果：认识水位计、流速仪的基本结构、性能，熟悉操作使用要点，熟练掌握水文站水位计、流速仪常规测量方法与计算过程，了解对山洪发生的重要性。

思政融入点：认识工程技术人员对公众的安全、健康和福祉的社会责任，自觉履行工作责任。

实习实验方式：生产实习

## 2.雨量与土壤湿度监测（2 学时）

实习实验内容：利用雨量计、土壤湿度测量仪器分组进行测验，完成数据记录与计算。

预期实习成果：认识雨量计、土壤湿度测量仪器的基本结构、性能，熟悉操作使用要点，熟练掌握水文站雨量计、土壤湿度测量仪器常规测量方法与计算过程，了解对山洪发生的重要性。

实习实验方式：生产实习

## 3.山洪灾害发生的影响机理及防洪设计（2 学时）

实习实验内容：基于暴雨山洪灾害的发生与防治虚拟仿真实验系统，用对比实验法，分析不同水文气象要素对山洪灾害发生的影响机理；基于暴雨山洪灾害的发生与防治虚拟仿真实验系统，用控制因素实验法，分析不同山洪防治措施对山洪灾害防治的效果，并设计一套综合防洪措施。

预期实习成果：显著提高学生理解不同水文气象条件对山洪灾害发生的综合影响程度；探索不同暴雨山洪防治措施的异动与防治效果，提高学生实际山洪防治的能力与水平，培养学生自主创新设计的能力

实习实验方式：虚拟仿真实验

## 四、课程评价

考核内容、考核方式与课程目标对应关系

| 课程目标              | 考核内容   | 课程目标在各考核方式中占比 |      |      |      |       |
|-------------------|--|---------------|------|------|------|-------|
|                   |  | 平时表现          | 课程作业 | 线上实习 | 期末考试 | ..... |
| 1. 山洪泥石流基本概念与研究概述 | 熟悉我国山洪泥石流灾害的分布状况，了解国内外研究进展，理解山洪泥石流预警预报的意义，掌握山洪泥石流相关基本概念，理解山洪泥石流研究的“三张图”理论。 | 10%           | 0    | 20%  | 10%  |       |
| 2. 短历时暴雨高风险区划工作过程 | 熟悉短历时暴雨高风险区划工作过程。认识暴雨等资料收集、处理和数据质量控制过程，理解如何利用地区线性矩法进行短历时高风险区暴雨频率分布图的绘制。    | 30%           | 30%  | 0    | 20%  |       |
| 3.山洪泥石流预警预报模型及    | 掌握山洪泥石流临界降雨量基本概念，理解静态与动态临界雨估算方法，熟悉动态临界雨量分布                                 | 60%           | 70%  | 80%  | 70%  |       |

|                   |  |      |      |      |      |  |
|-------------------|--|------|------|------|------|--|
| 防治方案设计            | 图的绘制，理解山洪泥石流预警模型及其降雨、蒸散发、土壤湿度的估算方法，掌握山洪临界流量的计算方法；理解山洪、泥石流地质灾害的防治措施及防治方案设计。 |      |      |      |      |  |
| 合计                |  | 100% | 100% | 100% | 100% |  |
| 各考核方式占总成绩权重（自行赋值） |  | 10%  | 10%  | 20%  | 60%  |  |

### 五、参考书目及学习资料

1. 王礼先、于志民，山洪及泥石流灾害预报，中国林业出版社，2001-01.
2. 水利部水文局，中小河流山洪监测与预警预测技术研究，科学出版社，2010-06.
3. 张平仓等，中国山洪灾害防治区划，长江出版社，2009-10.

制定人：王洁 黄鹏年 审定人：王健健 批准人：于志国

2018年8月15日