

# 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：煤矿煤岩冲击动力重大灾害  
监测预警虚拟仿真实验

专业类代码：080101

负责人：曹安业、李小林

联系电话：13775985995

申报学校：中国矿业大学

填表日期：2021年6月10日

推荐单位：中国矿业大学

中华人民共和国教育部制

二〇二一年四月

## 填报说明

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

2.文中○为单选；□可多选。

3.团队主要成员一般为近5年内讲授该课程教师。

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

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

6.涉密课程或不能公开个人信息的涉密人员不得参与申报。

## 1. 基本情况

实验名称	煤矿煤岩冲击动力重大灾害监测预警虚拟仿真实验	是否曾被推荐	<input type="radio"/> 是 <input checked="" type="radio"/> 否
实验所属课程 (可填多个)	《矿山压力与岩层控制》、《采矿地球物理学基础》		
性质	<input type="radio"/> 独立实验课 <input checked="" type="radio"/> 课程实验		
实验对应专业	采矿工程		
实验类型	<input type="radio"/> 基础练习型 <input type="radio"/> 综合设计型 <input checked="" 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 type="checkbox"/> 高成本、高消耗 <input checked="" type="checkbox"/> 不可逆操作 <input type="checkbox"/> 大型综合训练		
实验语言	<input checked="" type="radio"/> 中文 <input type="radio"/> 中文+外文字幕(语种) <input type="radio"/> 外文(语种)		
实验已开设期次	共 3 次： 1. 时间 <u>2019 年第 1 学期</u> 、人数 <u>73</u> 3. 时间 <u>2020 年第 1 学期</u> 、人数 <u>72</u>		
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) <a href="http://xfz.cumt.edu.cn/exp/4.html">http://xfz.cumt.edu.cn/exp/4.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	曹安业	1982/06	中国矿	副主任	教授	1377598599	caoanye@163.com	课程规划
2	李小林	1986/01	中国矿	副系主任	副教授	1586218837	xlli@cumt.cn	课程规划
3	窦林名	1963/2	中国矿		教授	1395226197	lmdou@cumt.cn	课程规划
4	牟宗龙	1979/6	中国矿	主任	教授	1385208054	muzonglong@163.com	内容设计
5	闫帅	1983/5	中国矿		副教授	1381442537	1381442537@163.com	内容设计

## 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	巩思园	1983/12	中国矿业大学	副系主任	副教授	内容设计
2	蔡武	1988/2	中国矿业大学		副教授	在线服务
3	李许伟	1988/6	中国矿业大学		副教授	在线服务
4	贺虎	1985/4	中国矿业大学	副主任	副教授	在线服务
5	何江	1984/5	中国矿业大学		副教授	在线服务
6	王桂峰	1982/9	中国矿业大学		副教授	在线服务
7	王强	1981/8	中国矿业大学		副教授	在线服务
8	刘耀琪	1995/8	中国矿业大学		博士生	在线服务
9	秦华新	1987/2	安徽视晶科技有限	经理		技术支持
10	刘汪汉	1996/10	安徽视晶科技有限	经理		技术支持

团队总人数：15 人 其中高校人员数量：13 人 企业人员数量：2 人

## 2-3 团队主要成员教学情况（限 500 字以内）

（近 5 年来承担该实验教学任务情况，以及负责人开展教学研究、学术研究、获得教学奖励的情况）

项目负责人曹安业，教授、博导，中国矿业大学青年学术带头人、优秀青年骨干教师，现任江苏省矿山地震监测工程实验室副主任，主讲《矿山压力与岩层控制》、《采矿地球物理学基础》等本科课程，主持校级教改项目 2 项，发表教学论文多篇，主持国家自然科学基金项目 2 项，发表学术论文 40 余篇，其中被 SCI、EI 收录 30 余篇，授权发明专利 5 项，出版专著 4 部。获山东省科技进步一等奖、中国煤炭工业协会科技进步一等奖、二等奖、安全生产科技成果二等奖、三等奖等多项科研奖励。

项目负责人李小林，副教授、硕导，江苏省系统工程学会青年委员，国家制造业信息化培训中心虚拟现实技术应用工程师，现任工业工程系副主任，主讲《最优化方法》、《采矿地球物理学基础》实验等课程，主持校级教改项目 2 项，发表教学论文多篇，多次获评校百佳教师，省优秀本科、硕士论文指导教师，指导省挑战杯一等奖 1 项，获全国高校教师教学创新三等奖 1 项，校级教学成果二等奖 1 项，参编教材 2 部。主持国家自然科学基金 1 项，获安全生产科技成果三等奖 1 项，发表 SCI 论文 10 余篇。

团队主要成员主讲《采矿地球物理学基础》、《煤岩动力灾害防控》、《煤矿绿色开采》、《爆破与井巷工程》等课程，发表教学论文 10 余篇，主持教学改革项目 10 余项。参编教材《矿山压力与岩层控制》、《采矿地球物理学基础》、《岩层控制的实验方法与实测技术》等多部。

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）

##### （1）实验必要性与实用性

煤矿煤岩冲击动力灾害是煤炭开采过程中最严重的动力灾害之一，其监测与防治是世界性难题。我国煤矿冲击动力灾害极为严重，党中央、国务院高度重视灾害防治工作，多次做出重要批示，要求深入研究冲击动力灾害源头治理措施，推动完善技术支撑体系。面对生产实际中对该技术领域需求的迫切性与重要性，让学生真正理解掌握冲击动力灾害监测预警与防治的理论和知识，并能够结合生产实际进行知识的应用，就成为课程理论教学与实践教学的重点。

然而，煤矿井下环境复杂，危险性大，很难让学生在真实的生产场景中展开教学，并且冲击动力灾害演化地质尺度大，发生不可逆，难以在实验室环境下展示。为了提高学生实践教学的要求，加深学生对知识的理解与应用，就需要新的教学实验方法和手段，而虚拟现实技术正是满足这一需求的重要方式。

本实验课程通过虚拟仿真技术建立生动的场景，激发学生的学习兴趣，实现安全环境下对煤矿煤岩动力灾害理论及实践的的教学，将进一步提高学生理论知识与技术应用综合实践能力，引导学生树立正确的安全生产发展理念，培养具有社会责任感以及创新能力的煤矿行业服务人材。

##### （2）教学设计合理性

《矿山压力与岩层控制》是采矿工程专业本科生的专业主干课程，该课程系统讲授了采动覆岩结构理论、岩层破断运动规律、煤矿动压现象与岩层控制方法等内容。由于地下煤层开采引起的岩层破断运动是煤矿冲击动力灾害等一系列安全和环境问题的根源，因此研究采场矿压显现及其控制等理论是煤矿安全、高效、绿色开采的重要基础。《采矿地球物理学基础》课程讲授了煤岩冲击动力灾害的地球物理场响应及灾害的监测预警技术与方法等，要求学生掌握动静载叠加条件下煤岩体冲击破坏的机理模型及判别准则，开采引起的地层及岩层运动产生的震动、声发射、电磁辐射等现象变化规律，掌握煤岩冲击动力灾害监测预警的矿震监测、声发射监测、弹性波 CT 监测、电磁辐射监测等技术原理与方法。其中，微震技术作为矿震监测的典型手段，已经成为冲击动力灾害的主要监测技术之一。

**在与课程关系方面**，本实验基于煤岩体冲击破坏的机理模型及判别准则，以微震监测预警技术体系为实验主体进行设计。在知识体系上对接理论教学中矿压显现及其控制、煤岩体冲击破坏机理、矿山开采诱发震动及特征、矿震监测煤岩动力灾害原理与技术等课程重难点内容；在教学时间上，与课堂教学衔接，从而实现理论学习与实践教学的有机结合、互为补充、实现学生创新能力培养。

**在实验课程内在体系上**，兼顾理论基础与技术应用，形成自洽的知识体系。实验首先通过场景仿真让学生对知识应用背景有直观的理解，再以核心理论知识的为基础，引出基于微震监测技术的煤矿冲击动力灾害总体监防体系，由浅入深，

逐步深入，完成总体的实验教学流程。

### (3) 实验系统的先进性

**在实验形式上**，实验课程采用在线虚拟仿真的形式实现，具有良好生动性与可视化的实验环境，富有吸引力与引导性。系统根据生产现场冲击动力灾害监测防治总体流程进行设计，有利于学生循序渐进的完成体系化的理论学习与知识应用。

**在实验内容设计上**，充分体现“两性一度”的实验要求：

实验课程针对煤矿冲击动力灾害监测预警防治技术体系，从地面到井下、从设备部署施工到数据采集分析、从监测预警理论到灾害防范治理，对该复杂系统进行了详细的分解与再设计，实现学生从理论知识到工程应用再到理论分析的综合性能力培养与思维构建。

基于研究团队长久以来的理论研究与现场实践，实验课程涉及的工程技术及分析数据均来源于煤矿企业前沿技术应用。通过对现场科研成果的凝练总结，形成典型数据集与应用场景，通过互动式实验设计，提高学生的科研探索能力。

实验操作以冲击动力灾害监测预警与防治理论模型为基础，学生需要在深入理解实验原理的基础上与具体应用场景融会贯通才能高质量完成实验，通过教师的课堂教学以及实验内容讲解，引导学生完成具有挑战性的实验项目。

### 3-2 实验教学目标（实验后应该达到的知识、能力水平）

通过本实验，对煤矿体系与冲击动力灾害形成整体认识；理解煤岩体冲击破坏的机理模型；理解冲击动力灾害发生条件以及典型监测预警技术与防治措施；以微震监测技术为基础，掌握煤矿冲击动力灾害监测预警与典型防治技术实施流程。

结合实验过程，培养学生在煤矿灾害治理中的计算机技术应用能力与思维理念；对智能化技术在煤矿生产实践中的应用形成深刻理解，提升数据采集分析、模型优化应用的综合创新能力。

基于不同场景推演，引导学生在生产实践中具体问题具体分析的工作方法，锻炼良好的应急心理素质，培养知识应用提高安全生产意识，形成积极参与团队协作、用心服务社会的良好情感理念。

### 3-3 实验课时

(1) 实验所属课程课时：40 学时

(2) 该实验所占课时：2 学时

### 3-4 实验原理

#### (1) 实验原理(限 1000 字以内)

本实验涉及煤矿冲击动力灾害的场景、理论原理及监测预警与防治总体流程，其中监测预警与防治是实验的主体，主要基于微震监测技术展开。微震监测技术是煤矿冲击动力灾害最有效的监测手段之一，通过对矿井矿震信息进行远距离、实时、自动监测，给出矿震信号的完全波形，继而计算出矿震的发生时间、能量及空间三维坐标，并进一步通过监测数据分析应力场的迁移演化规律，实现矿井冲击动力灾害危险程度的评价，以指导灾害防治工作。

本虚拟仿真实验基于微震监测技术，通过台网布置优化、震动波数据采集与震源定位、冲击危险判识模型、卸压防治准则等，对冲击动力灾害监测、预警与防治的全过程进行实验教学。

**在台网布置方面**，煤矿矿震的准确定位依赖于：微震台网布置、台站 P 波到时读入的准确性、背景噪音、求解震源算法、速度模型和区域异常导致的传播路径的变化等。该过程需要优化台网布置和降低随机因素等手段降低求解震源的非线性方程组的条件数，提高求解系统的鲁棒性。其优化布置的基本原则包括：

- 台网空间应包围待测区域，避免成为一条直线，且有足够和适当的密度。
- 探头尽可能接近待测区域，避免较大断层及破碎带的影响。
- 按监测环境与要求选择拾震仪监测方向。
- 既要照顾当前开采区域，又要考虑未来一定时期内的开采活动。

**在震源定位方面**，由于 P 波初次进入时间的确定误差较小，因此通常选择比较容易辨认的 P 波进行定位。

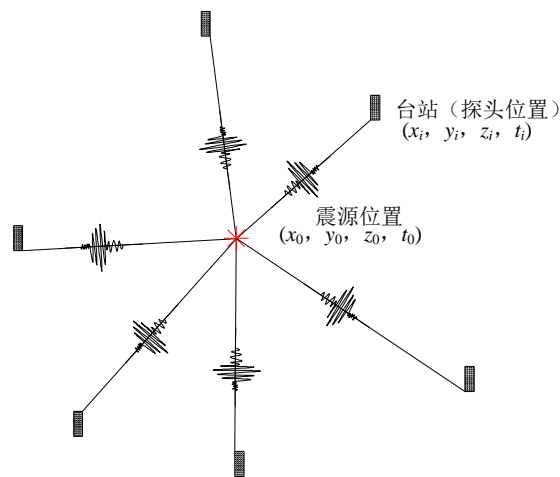


图 3.4.1 矿震定位示意图

图 3.4.1 震源传播到台站的最短时间可由式(3.4.1)描述：

$$t_i = T_i(H, V, X_i) + t_0 \quad (3.4.1)$$

式(3.4.1)中 $H = (x_0, y_0, z_0)$ 和 $X_i = (x_i, y_i, z_i)$ 分别为震源和第 $i$ 个台站的坐标,  $V$ 为 $P$ 波波速,  $t_0$ 为矿震的发震时刻,  $t_i$ 为读入的 $P$ 波初至时刻,  $i=1, \dots, n$ ,  $n$ 是矿井中安装的台站数目。

对于均匀和各向同性速度模型, 自震源 $H$ 到第 $i$ 个台站的走时为:

$$T_i(H, V, X_i) = \frac{\sqrt{(x_0-x_i)^2+(y_0-y_i)^2+(z_0-z_i)^2}}{V_p} \quad (3.4.2)$$

式(3.4.2)中 $P$ 波波速 $V_p$ 为一常数。上式中有 $(x_0, y_0, z_0, t_0)$ 四个未知数, 因此选择四个以上的通道进行标记方可完成震源定位。

在冲击危险判识方面, 微震事件的产生主要位于非弹性变形的BC阶段(图3.4.2), 且该阶段的微震现象往往揭示出宏观大破裂、冲击矿压的前兆异常信息。因此, 若能准确获知该阶段的应变参量( $\varepsilon_0$ 、 $\varepsilon$ 和 $\varepsilon_l$ , 其中 $\varepsilon_0 < \varepsilon < \varepsilon_l$ ), 如图3.4.2所示, 则可以采用如下冲击危险系数 $W_\varepsilon$ 对冲击发生之前的危险状态等级(无、弱、中、强)进行预警:

$$W_\varepsilon = \frac{\varepsilon - \varepsilon_0}{\varepsilon_l - \varepsilon_0} \quad (3.4.3)$$

式中,  $W_\varepsilon$ 的数值范围为0~1之间, 当 $W_\varepsilon = 1$ 时, 表示宏观破裂已经发生。

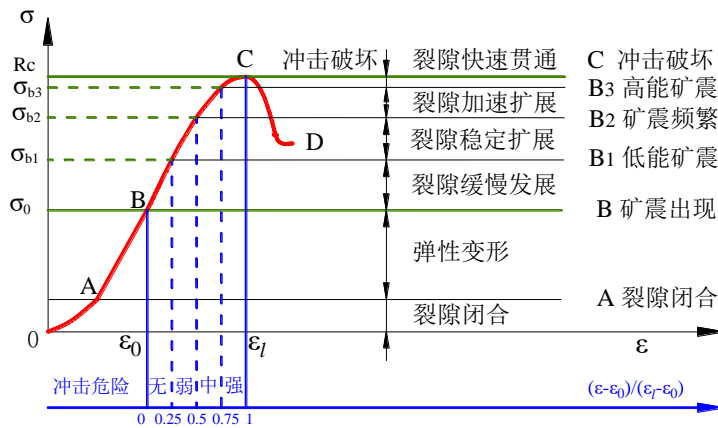


图 3.4.2 多尺度冲击矿震模型

在卸压防治方面, 由于煤矿地质构造极为复杂, 开采技术条件变化多端, 造成煤岩动力系统的结构形式和外部环境多种多样, 所以, 冲击动力灾害的诱发因素和显现形式也是多种多样。煤(岩)体弹性能释放的主体可分为煤体、顶底板岩体、断层带介质及其上下盘岩体。因此需根据弹性能释放不同的主体合理选择卸压方式及参数, 并且当存在多个弹性能释放主体时, 需选择多种卸压方式共同组合进行卸压, 才能达到有效防治冲击动力灾害的目的。

结合实验原理, 本仿真实验考察的核心知识点包括:

- (a)微震系统台网布置;
- (b)波形数据采集与震源定位;
- (c)冲击动力灾害危险区域及危险等级判识;
- (d)防治措施确定与执行。



(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）

基于真实的煤矿治理结构、采掘布局、监测数据，以及企业实际的冲击动力灾害监测、预警、防治流程，本项目建立了与实际情况一致的虚拟仿真实验平台。

**场景仿真方面**，对煤矿概览、防冲中心、超前巷道、工作面以及冲击动力灾害场景采用三维模型与动画的方式，真实还原了生产实际中相应场景的漫游观察。

**理论知识方面**，系统直观地采用模型动画正确表达了动静载叠加原理、冲击动力灾害各类发生条件、典型监测预警及防治技术。

**监测预警方面**，针对微震台网布置这一核心知识点，系统分解为结构部署、探头布置安装以及标定炮验证等步骤实现。将该知识点的考察转化为学生根据实际情况自主完成探头布置以及确定标定炮的方式实现。



图 3.4.3 台网布置核心要素仿真设计

针对波形数据采集与震源定位核心知识点，系统依据生产实际中监测人员使用软硬件工作流程建立仿真模块，使得学生可以自主实现波形分析以及数据管理，其中数据与波形均采用企业实际监测数据。

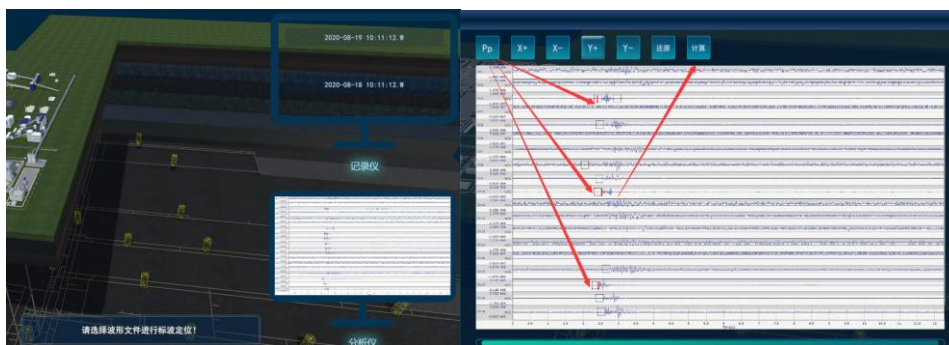


图 3.4.4 数据采集与震源定位核心要素仿真设计

针对冲击动力灾害危险区域及危险等级判识核心知识点，系统允许用户构造合适的数据集并生成符合实际的条件的云图与指标数据，以根据具体情况判断危险区域与等级。

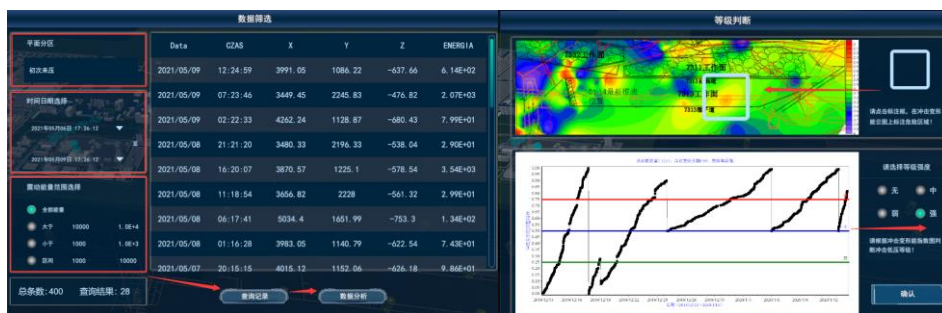


图 3.4.5 危险区域及等级判识核心要素仿真设计

针对防治措施确定与执行核心知识点，系统需要用户根据实际情况选择合适的卸压措施，并指定合理的施工参数实施卸压，对最终的卸压效果进行评价。

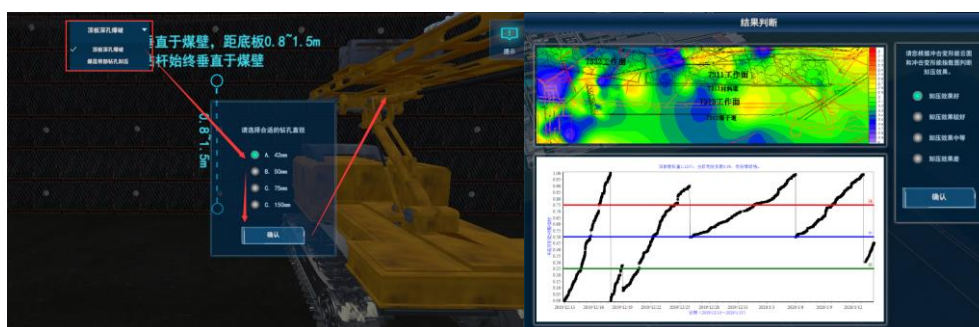


图 3.4.6 防治措施确定与执行核心要素仿真设计

### 3-5 实验教学过程与实验方法

总体实验教学过程通过中国矿业大学虚拟仿真实验教学共享平台完成，学生进入虚拟仿真实验室，初期可以通过操作流程引导，熟悉整体实验流程。继而学生按实验内容及实验过程，完成各子模块的实验。

项目包括 5 个功能模块，13 个功能点，具体结构如图 3.5.1 所示。

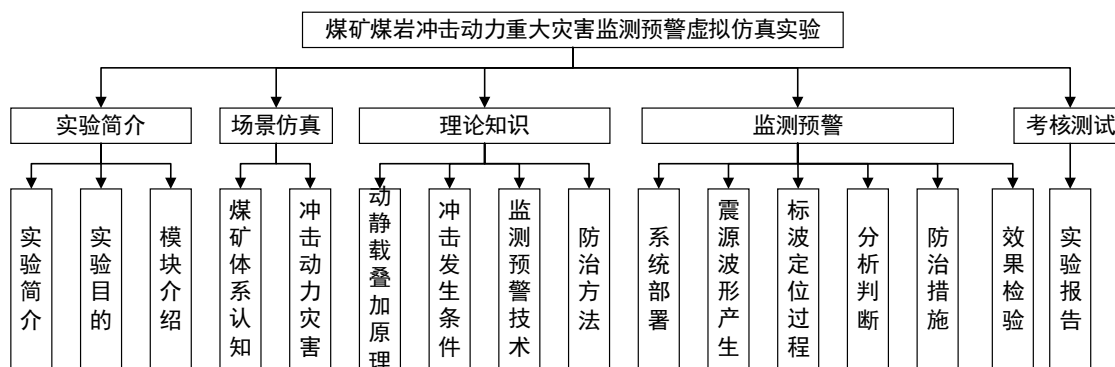


图 3.5.1 详细功能体系结构

#### (1) 实验简介教学过程

实验简介分为 3 部分：实验简介、实验目的和模块介绍。点击切换对应的文字介绍。系统采用文字与语音方式进行内容引导。

#### (2) 场景仿真教学过程

本模块主要是让学生结合地球物理基础知识，通过典型煤矿总体结构了解冲击动力灾害孕育、发生、致灾概况，结合巷道布置理解冲击地压发生高危区域，认识煤矿冲击动力灾害防治体系。

在实验方法上，本部分以观察法为主，通过仿真环境漫游观察让学生理解冲击动力灾害发生的真实背景及现象特征。

### **(3) 理论知识教学过程**

本模块包括动静载叠加原理、冲击动力灾害发生的条件、典型监测预警技术，以及防治方法。其中，冲击动力灾害发生条件，从冲击倾向性、采深条件、断层构造、褶曲构造、煤层分叉及煤层厚度地质条件，以及开采速度、煤柱宽度、底煤留设等开采技术条件结合三维场景进行了直观讲解。在监测预警技术中，对微震监测、地音、应力在线与钻屑法等技术进行讲解考核。在灾害防治方面，以三维场景仿真的方式，对煤层及顶底板的钻孔、爆破卸压实施流程进行了详细讲解与考核设计。实验过程结合语音讲解、三维场景仿真、知识点考核，实现学生对理论知识全面生动的理解，并以此为基础展开后面的监测预警及防治实验。

在实验方法上，本部分以观察法、分类法为主，通过观察仿真模型，理解各个因素对冲击动力灾害产生的影响，并对不同发生条件、不同预警及防治技术手段进行分类比较，思考各因素或技术手段的差异性、相关性以及优劣性。

### **(4) 监测预警教学过程**

基于煤矿微震监测预警的实际过程，本模块建立了冲击动力灾害监测预警全流程的虚拟仿真实验。总体实验分步骤、按流程实施，交互操作与理论学习相结合，依据典型场景构建数据集实现实验过程的推演性。

首先通过系统布置，让学生认知微震监测系统总体功能结构，进一步采用探头布置、探头安装、标定炮设置，让学生结合系统部署与功能实现，深入理解冲击动力灾害监测预警技术原理。然后，根据煤矿特定生产地质场景接入监测数据进行实验分析。实验系统仿真了煤矿实际生产中震动的发生过程、数据记录形式，结合标波定位原理，实现震源数据的分析及区域危险性的评价。最后，根据评价结果，学生结合理论知识确定灾害防治措施，并对措施执行结果进行分析评价。

在实验方法上，本部分以观察法、比较法、系统思维法为主。本部分在整体流程以及子流程上均具有结构及顺序关系，因此需要学生形成系统性的思维模式，将系统布置、数据采集分析、分析判断、措施选择与实施综合考虑，并结合理论

知识进行参数选择比较分析，根据输出结果进行反馈总结，理解冲击动力灾害防治中“监防互馈”的理念，并贯彻于总体实验中。

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

（1）实验总体步骤如下表所示。根据循序渐进的教学设计思路，实验先通过场景仿真，让学生理解学习场景，完成实验准备；继而通过理论知识仿真强化学生对核心知识的理解；最后通过交互性实验操作完成煤矿冲击动力灾害监测预警与防治的总体流程，并生成实验报告。基中核心的交互性操作步骤共 16 步

步骤序号	步骤目标要求	步骤合理用时(分钟)	目标达成度赋分模型	步骤满分	成绩类型
1-1	煤矿体系认知-煤矿概览	1	浏览完成得分	1	实验准备
1-2	煤矿体系认知-防冲中心	1	浏览完成得分	1	实验准备
1-3	煤矿体系认知-超前巷道	1	浏览完成得分	1	实验准备
1-4	煤矿体系认知-工作面	1	浏览完成得分	1	实验准备
1-5	冲击矿压现象	1	浏览完成得分	2	实验准备
2-1	动静载叠加原理	4	题目选择正确得分	5	理论成绩
2-2	冲击发生地质条件-冲击倾向性	1	题目选择正确得分	1	理论成绩
2-3	冲击发生地质条件-采深条件	1	题目选择正确得分	1	理论成绩
2-4	冲击发生地质条件-断层构造	1	题目选择正确得分	1	理论成绩
2-5	冲击发生地质条件-褶曲构造	1	题目选择正确得分	1	理论成绩
2-6	冲击发生地质条件-煤层分岔	1	题目选择正确得分	1	理论成绩
2-7	冲击发生地质条件-煤层厚度	1	题目选择正确得分	1	理论成绩
2-8	冲击发生开采技术条件-开采速度	1	题目选择正确得分	1	理论成绩
2-9	冲击发生开采技术条件-煤柱宽度	1	题目选择正确得分	1	理论成绩
2-10	冲击发生开采技术条件-底煤留设	1	题目选择正确得分	1	理论成绩
2-11	监测预警技术-微震监测技术	1	题目选择正确得分	2	理论成绩
2-12	监测预警技术-地音	1	题目选择正确得分	2	理论成绩
2-13	监测预警技术-应力在线	1	题目选择正确得分	2	理论成绩
2-14	监测预警技术-钻屑法	1	题目选择正确得分	2	理论成绩
2-15	防治方法-煤层钻孔卸压	1	题目选择正确得分	2	理论成绩
2-16	防治方法-煤层爆破卸压	1	题目选择正确得分	2	理论成绩

2-17	防治方法-顶板爆破卸压	1	题目选择正确得分	2	理论成绩
2-18	防治方法-底板爆破卸压	1	题目选择正确得分	2	理论成绩
3-1	系统部署-结构部署	3	部署完成即得分	4	操作成绩
3-2	系统部署-探头布置	4	共四个正确探头, 每布置正确一个得 1.5 分	6	操作成绩
3-3	系统部署-探头安装	3	两个题目各 2 分, 正确得分	4	操作成绩
3-4	系统部署-标定炮验证	3	操作完成得分	4	操作成绩
3-5	震源及波形的产生-数据接入	1	操作完成得分	1	操作成绩
3-6	震源及波形的产生-波形产生	1	操作完成得分	1	操作成绩
3-7	标波定位过程-P 波到时标记	6	每标对 1 个通道给 2 分, 大于 4 个通道为满分 8 分	8	操作成绩
3-8	标波定位过程-震源定位	1	操作完成得分	2	操作成绩
3-9	标波定位过程-震源能量	1	操作完成得分	2	操作成绩
3-10	标波定位过程-添加数据	1	操作完成得分	2	操作成绩
3-11	分析判断-数据筛选	3	操作完成得分	4	操作成绩
3-12	分析判断-等级判断	4	两项分别 3 分; 冲击变形能指数, 无弱中强选择正确得分; 冲击变形能云图, 选择区域在正确区域即得分, 不在正确区域不得分;	6	操作成绩
3-13	防治措施-措施选择	4	根据表格中选择的结果分四挡, 分别,1.5 分、3 分、4.5 分、6 分	6	操作成绩
3-14	防治措施-措施执行	6	每选择错一个参数扣 1 分	8	操作成绩
3-15	防治结果-生成结果	1	操作完成得分	2	操作成绩
3-16	防治结果-结果判断	3	判断正确得分	4	操作成绩

(2) 交互性步骤详细说明

一、实验简介

对系统进行总体介绍, 包括实验简介、实验目的、模块介绍等三部分。如图 1.1 所示



图 1.1 实验简介

## 二、场景仿真

场景仿真主要实现学生对煤矿冲击动力灾害发生背景、场景结合煤矿具体生产管理组成进行介绍。包括煤矿体系认知以及冲击动力灾害场景两部分。

煤矿体系认知包括：煤矿概览、防冲中心、超前巷道、工作面等生产实际中与冲击动力灾害密切相关的各组成部分。

(1) 煤矿概览显示典型煤矿地面工业广场及井下巷道布置、地层构造等生产环境，如图 2.1 所示。

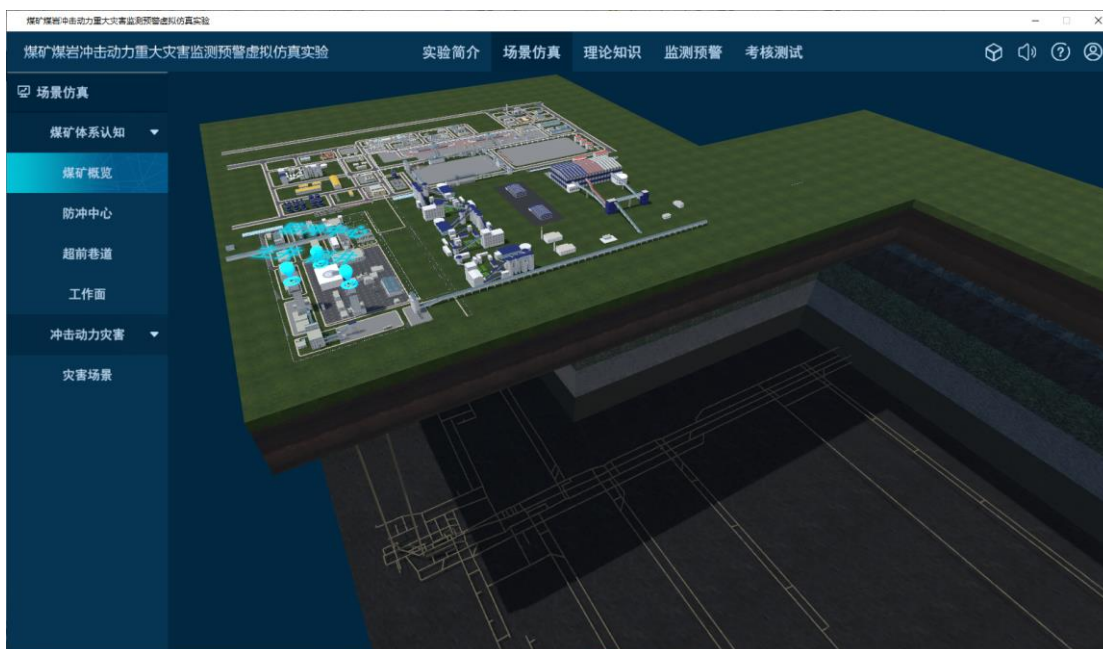


图 2.1 煤矿概览

(2) 防冲中心展示了典型的功能结构、工作布局、数据管理流程，这是煤矿企业冲击动力灾害主要管理决策机构，负责冲击动力灾害数据监测、分析处理及开展灾害防治工作。如图 2.2 所示。

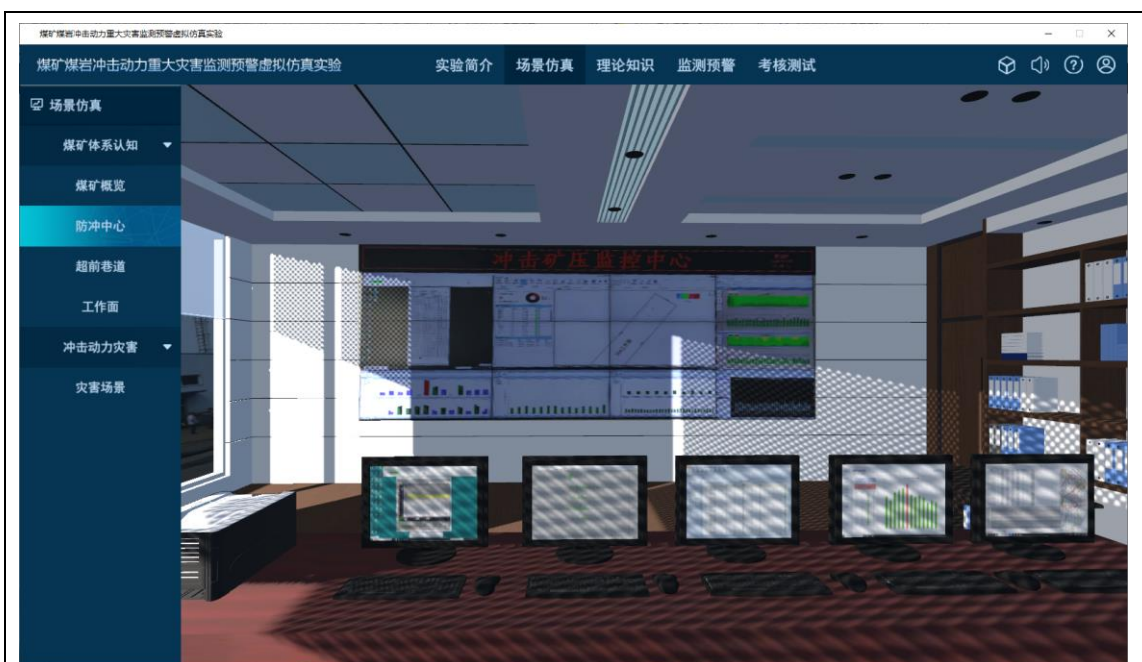


图 2.2 防冲中心

(3) 超前巷道超前于回采工作面一定距离的巷道，是冲击动力灾害高发区域。通过漫游，分析巷道位置、设备构成、应力分布，理解冲击动力灾害发生机理。如图 2.3 所示。

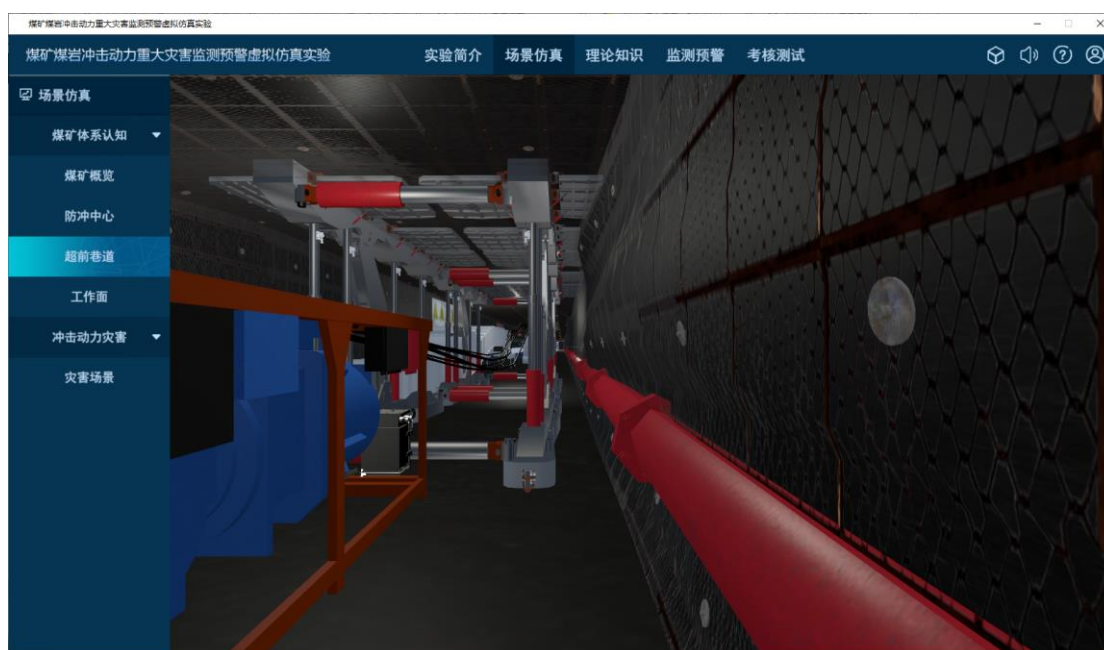


图 2.3 超前巷道

(4) 采煤工作面是煤矿井下主要生产作业区域，设备、人员密集，是煤矿安全管理工作重点区域，对工作面的应力持续监测，并结合推进速度、地质构造、顶板活动等深入分析也是冲击动力灾害防治的重要手段。如图 2.4 所示。

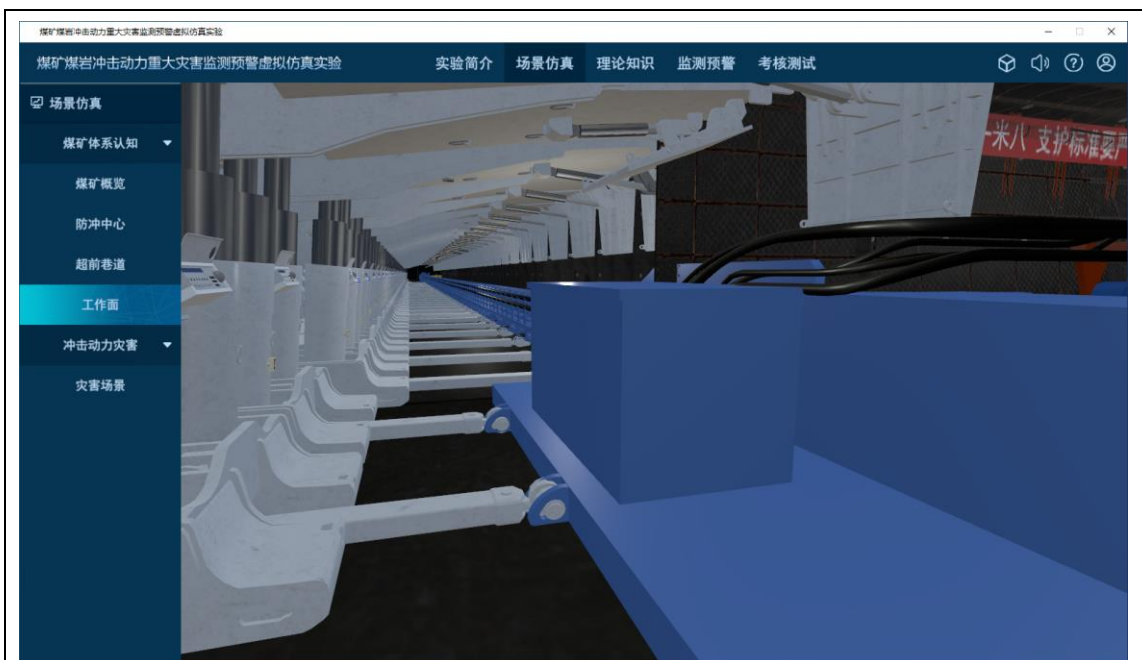


图 2.4 回采工作面

(5) 灾害场景直观展示了冲击灾害发生的典型过程与结果。通过该部分内容，让学生理解冲击动力灾害的发生特点，对设备、人员及生产活动造成的严重损失，并进一步对灾害影响进行分析。从而为该类灾害的监测预警、防治、灾后治理与公共安全管理形成启发与思考。

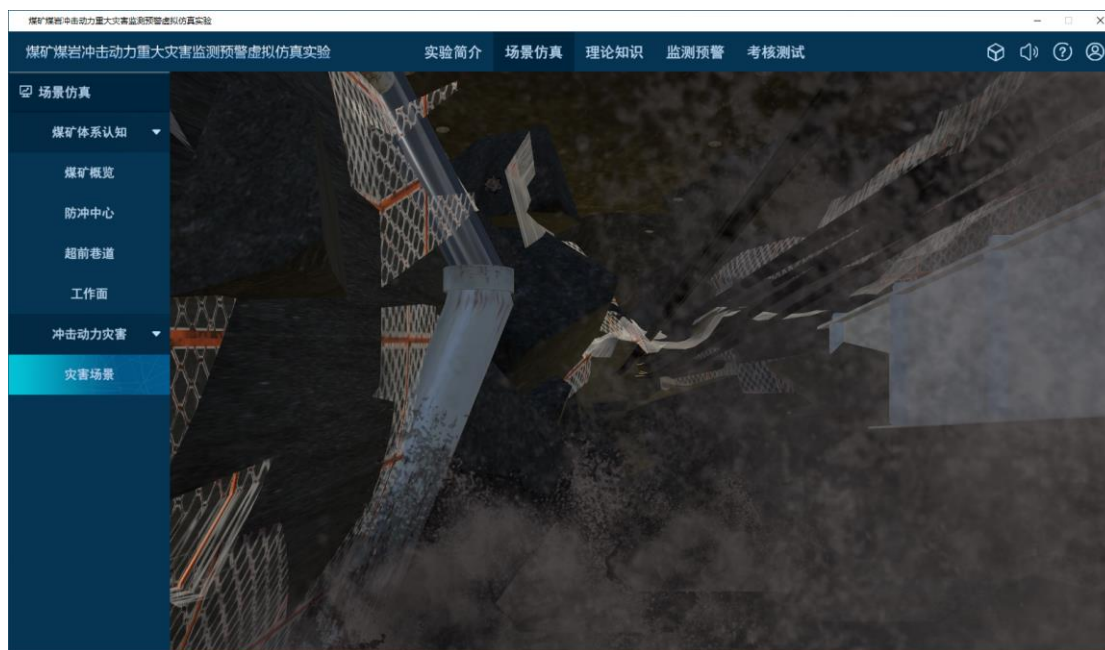


图 2.5 灾害场景

### 三、理论知识

理论知识部分从动静载叠加原理、冲击动力灾害发生的地质条件与开采技术条件、典型监测预警技术以及防治方法进行了系统讲解实验与考核。该部分一方面承接课堂理论讲解内容，对重要知识点进行了可视化论述，另一方面为接下来的监测预警提供理论基础，让学生更深入的理解知识点在实际中的应用。

(1) 动静载叠加诱冲原理是研究团队重要理论成果之一，也是课程讲授的重



难点，仿真实验直观展示了载荷叠加过程与临界载荷的关系，学生通过动画可对动、静载荷的产生、叠加过程以及超过临界载荷诱发冲击的过程有直观的体会，如图 3.1 所示。煤矿现场多种条件可诱发煤岩冲击动力灾害，而他们均遵循动静载叠加原理，通过学习了解动静载叠加原理，有助于学生后续从理论层面加深对冲击发生条件所起作用的体会。



图 3.1 动静载叠加原理

(2) 冲击动力灾害发生的条件。冲击动力灾害发生原因复杂，通常受到多因素的复合影响。本部分从地质条件以及开采技术条件对冲击动力灾害发生机理进行全面的实验解析。冲击发生的地质条件主要包括：煤岩体的冲击倾向性、采深条件、断层构造、褶曲构造、煤层分岔及煤层厚度等，如图 3.2-3.7 所示。

此处列举了煤矿井下诱发冲击动力灾害最常见的 6 种地质条件，并通过语音、文字讲解的形式，配合以动画直观展示每一种条件下冲击动力灾害的发生的场景，每一个动画下方并配备了相关试题，一方面使学生加深对动静载叠加原理的理解，另一方面使学生真切感受 6 种特殊的地质条件如何诱发冲击动力灾害的产生。



图 3.2 冲击倾向性

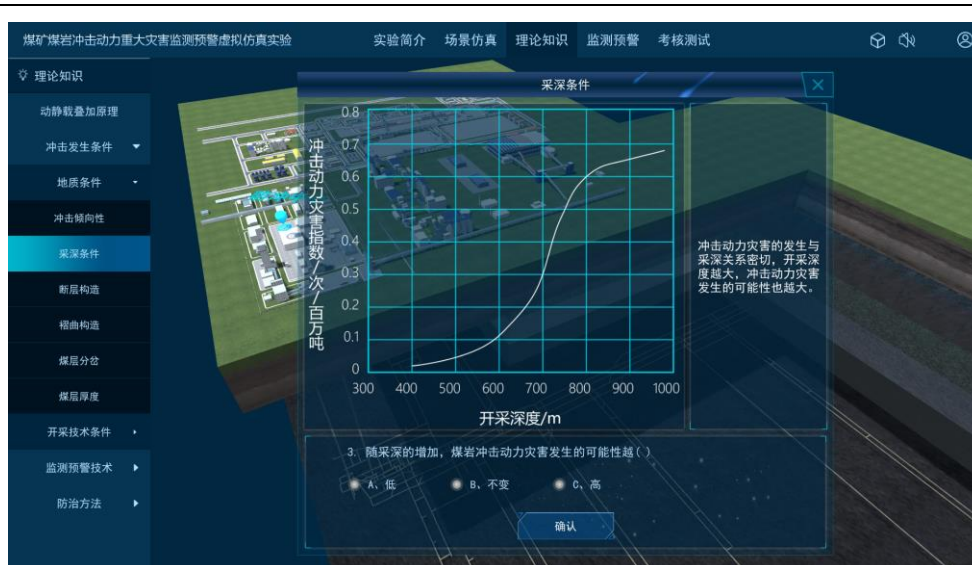


图 3.3 采深条件

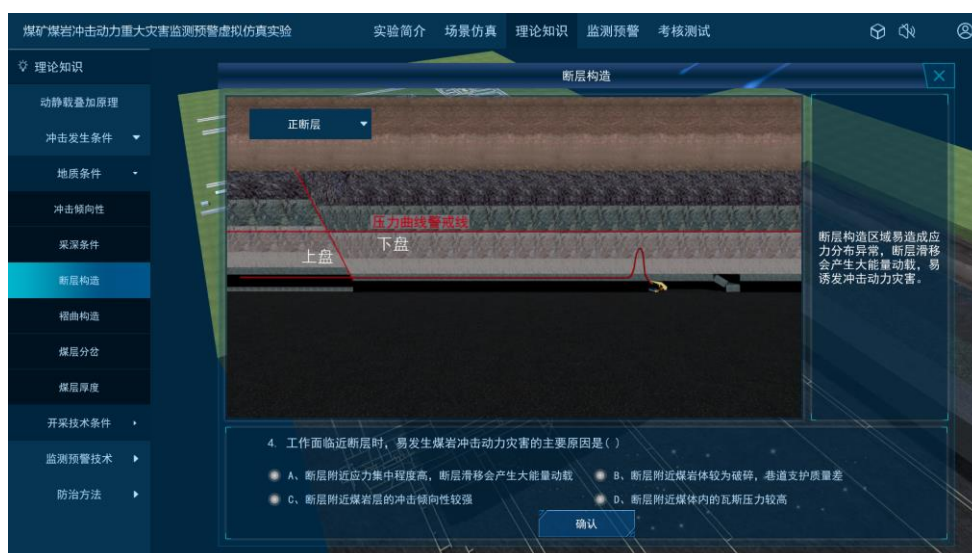


图 3.4 断层构造

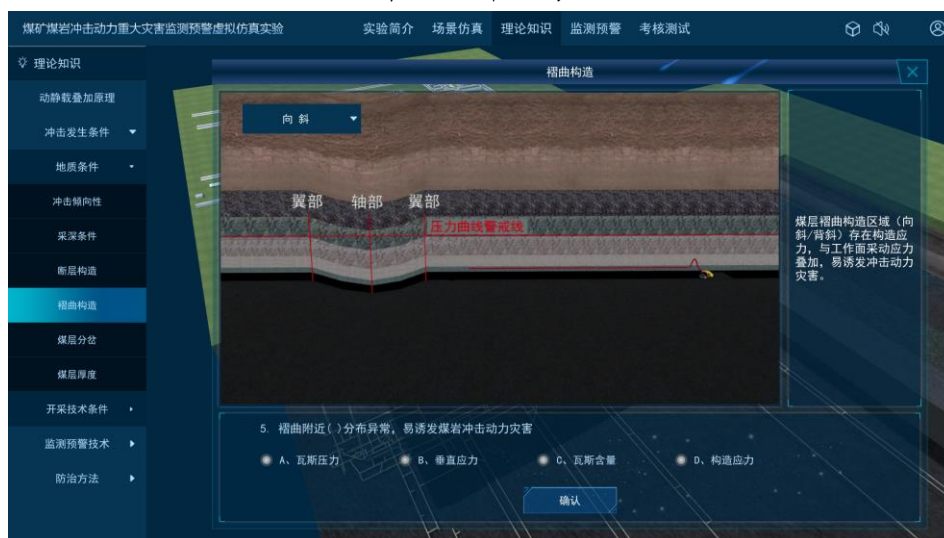


图 3.5 褶曲构造



图 3.6 煤层分岔

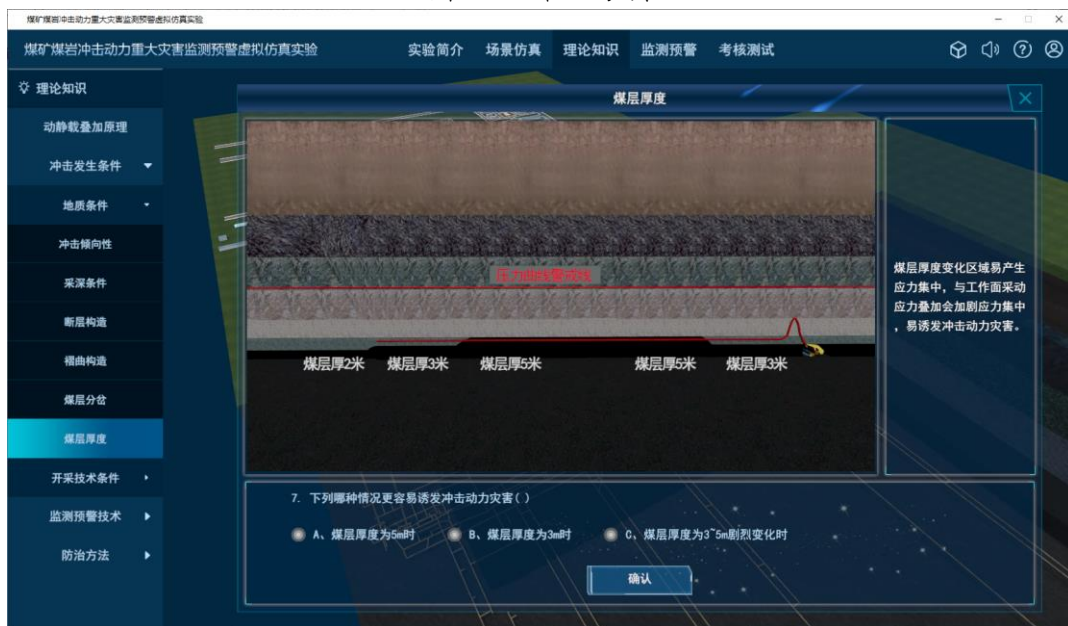


图 3.7 煤层厚度

开采技术条件主要讨论了不同开采速度、煤柱宽度、不同底煤留设等因素对冲击动力灾害发生的影响。如图 3.8-3.10 所示。

由于煤岩冲击动力灾害的另一大特点便是人为干扰，如开采速度、煤柱宽度、底煤留设等由于采取不合理的采矿设计后导致出现易诱发冲击动力灾害的情况，学生通过该模块可直观体会采矿设计不合理时是如何诱发冲击动力灾害。

该模块设计的目的之一是让学生体会合理采矿设计的重要性，了解开采技术条件在诱发冲击动力灾害中所起的作用，进而树立科学进行采矿设计的工程师理念；目的之二是学生可从动画演示了解开采设计不合理诱发冲击动力灾害的全过程，为后续学生在监测预警实验中危险因素判别、监测预警与卸压解危过程建立基础。

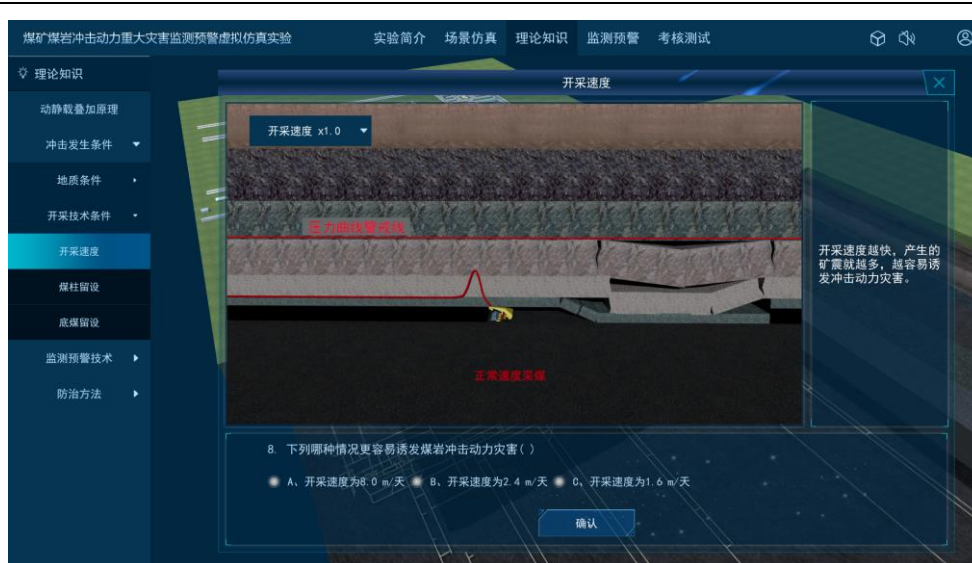


图 3.8 开采速度

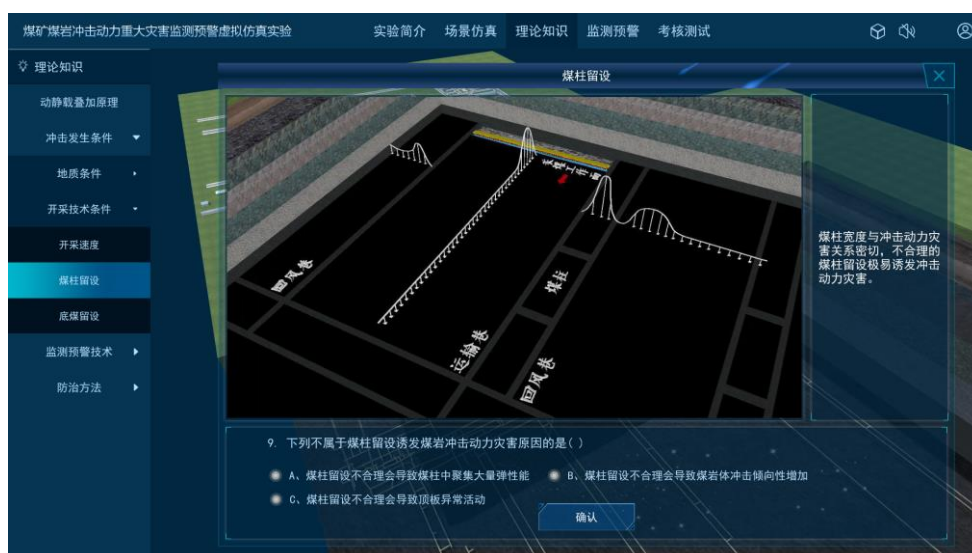


图 3.9 煤柱宽度

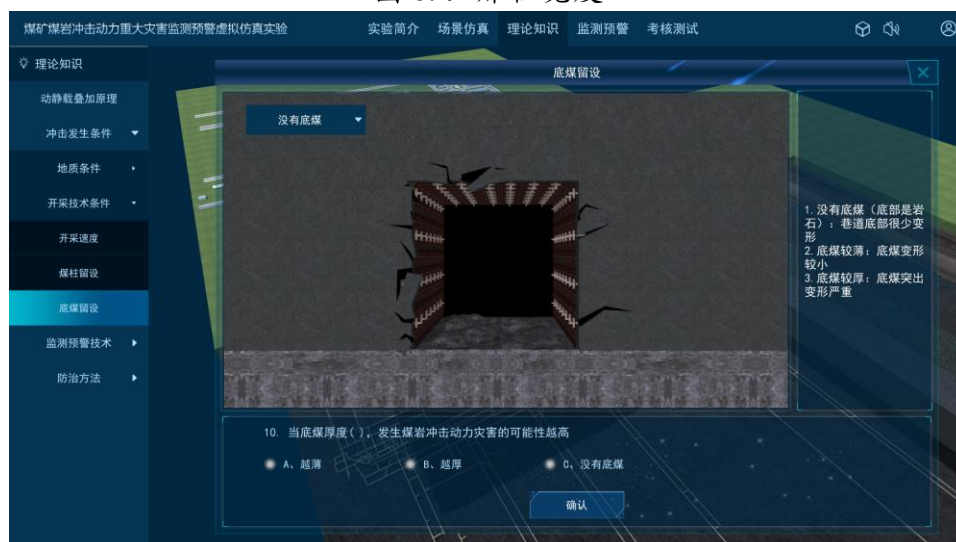


图 3.10 底煤留设

(3) 监测预警技术对微震监测技术、地音、应力在线、钻屑法等典型煤岩冲击动力灾害监测预警技术进行介绍，包括不同技术的工作原理、系统构成、布置结构、操作流程等，对于关键的知识点设置了考核。如图 3.11-3.14 所示。

关于煤矿冲击动力灾害的监测方法与手段多种多样，在此列举了最为常见的监测技术，通过语音、文字介绍了各类监测技术的工作原理、系统构成、布置结构、操作流程等，并配合结构示意图使学生加深理解，目的一是使学生了解、知悉煤矿冲击动力灾害常用监测手段，每一动画下方配合题目考察学生对该项技术的整体理解。同时各类监测技术可看做是对动静载叠加原理的实际应用，了解各类监测技术的工作原理，学生可加深对动静载叠加原理的理解，另一方面，监测预警技术中“微震监测技术”是开展后续监测预警仿真实验的基础，学生可通过对其的学习提前建立感官认识。



图 3.11 微震监测技术

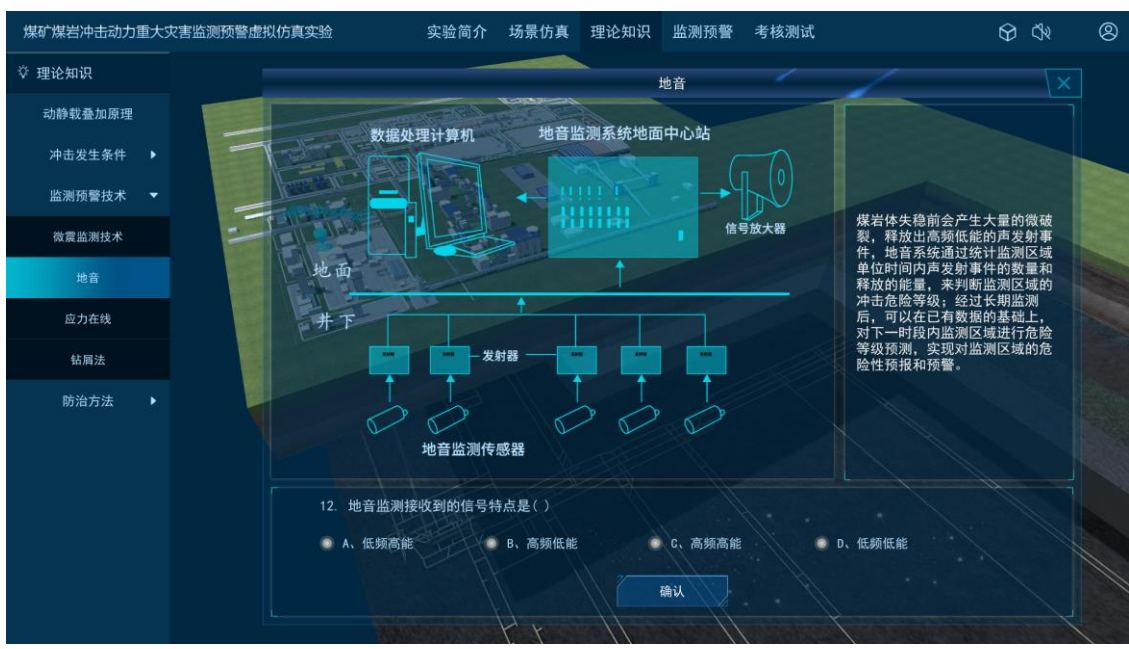


图 3.12 地音



图 3.13 应力在线



图 3.14 钻屑法

(4) 防治方法对煤层钻孔卸压、煤层爆破卸压、顶板爆破卸压以及底板爆破卸压等典型卸压流程进行了仿真场景演示，不同防治方法针对钻孔直径、深度、方位、排距等进行了分析讨论。

如图 3.15-3.18 所示。防治方法中针对冲击动力灾害发生过程中典型的致灾对象，以场景仿真加即问即答的形式向学生展示典型卸压手段的操作过程，旨在让学生掌握不同卸压手段执行过程中的合理参数、执行对象以及卸压流程，对煤矿井下卸压手段实际执行的场景及过程有具象生动的认识。



图 3.15 煤层钻孔卸压



图 3.16 煤层爆破卸压



图 3.17 顶板爆破卸压



图 3.18 底板钻孔卸压

#### 四、监测预警

监测预警模块是冲击动力灾害虚拟仿真实验的主体部分，基于微震监测技术，实验从系统部署到数据采集、数据处理、分析判断、以及确定防治措施并进行效果检验的工程实际总体流程进行了内容设计，通过监测预警与防治全流程的实验仿真，对理论知识进行了综合设计与应用。

本部分实验内容主要包括：系统部署、震源及波形产生、标波定位、分析判断、防治措施以及效果检验等六个部分。实验过程具有顺序性，需逐步按设计流程完成实验。

(1) 系统部署。系统部署主要包括微震监测系统各组成部分结构部署，通过逐个拖动组件包括记录仪、信息采集仪、分析仪、拾震器等至相应位置，完成系统的虚拟搭建。如图 4.1 所示。

微震系统具有部署范围广，各个部件间联接复杂的特点，理论讲解具有一定的抽象性，现场教学则难以窥探到微震系统的全貌，而通过系统仿真布置，学生在拖动各个部件到指定位置的时候，可观察各个部件在矿井中布置的位置，以及部件相互间的联接关系，在拖动部件的过程中可了解井下微震系统实际的部署过程，对井下微震系统部署有直观的认识和理解。



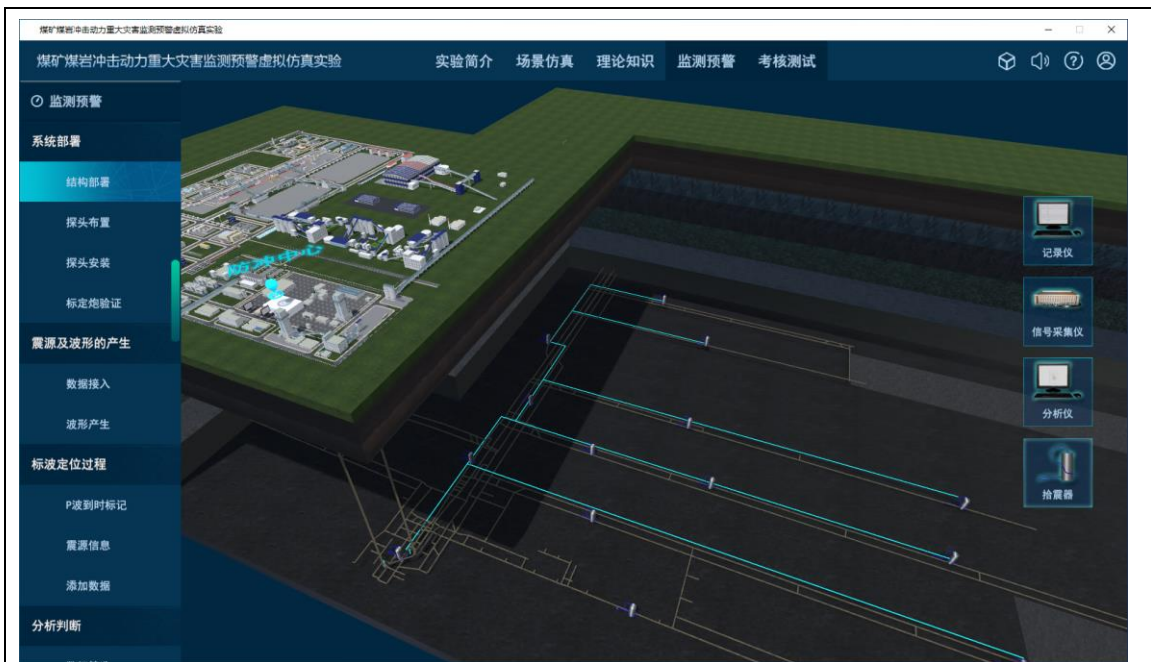


图 4.1 结构部署

结构部署正确完成会显示微震监测系统结构图，学生可以全面了解系统的工作流程，如图 4.2 所示。



图 4.2 结构图

(2) 结构部署完成后，随着工作面的推进，为了提高监测效果，需要根据生产实际调整拾震器布置，学生需要根据矿震定位原理，合理确定拾震器布置位置及数量以优化微震网络，以减少震源定位误差。由于煤矿进行生产区域在不断改变，因此微震系统监测的重点区域也在对应改变，具体针对不同的重点区域，学生需要根据矿震定位原理，合理确定拾震器布置位置及数量以优化微震网络，以减少震源定位误差。因此在此处预设了一块重点监测区域，需要学生根据提示布置拾震器来满足对目标区域的监测精度；学生通过该步骤可掌握、理解根据生产实际调整拾震器的原则，进一步熟悉矿震定位原理等，如图 4.3 所示。

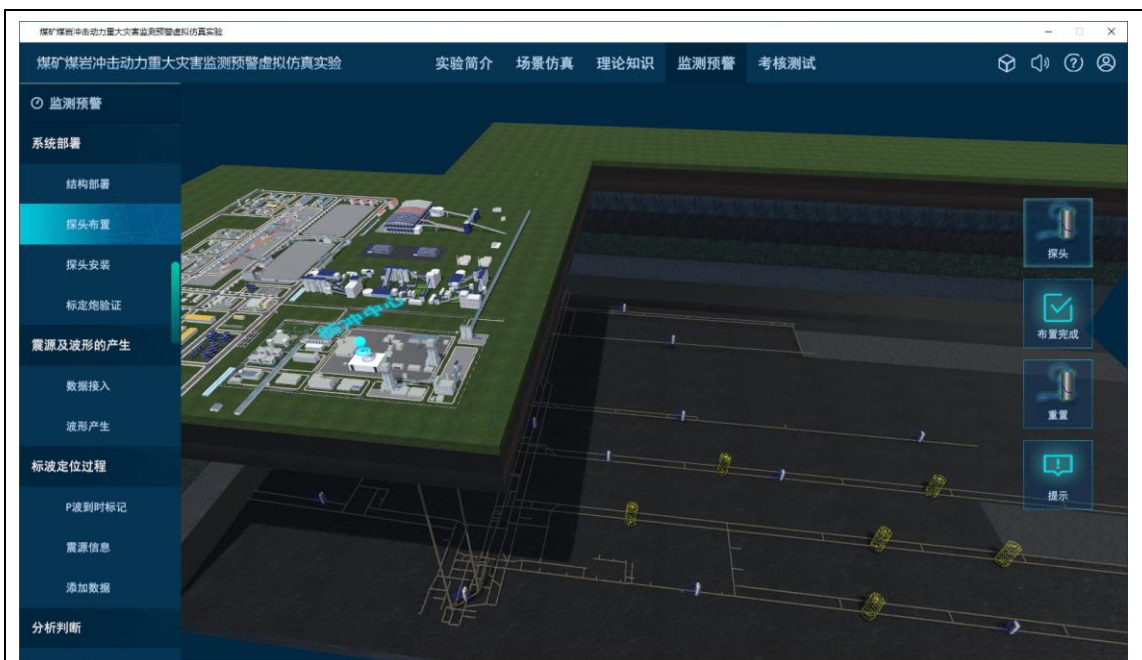


图 4.3 探头布置

(3) 探头安装部分展示了典型探头安装组件及流程，学生需根据正确顺序在提示区完成组件安装，布置过程中通过题目回答来确定安装参数，如图 4.4 所示。学生根据提示模拟在真实巷道环境下微震布置的完整过程，通过完整的布置操作，目的是让学生掌握探头布置的位置、探头布置的流程，探头布置的原则等。



图 4.4 探头安装

(4) 标定炮验证。在标定炮验证阶段，学生需根据震源定位原理，确定标定炮位置并验证，通过震中误差、震源误差数据判断微震网络监测是否满足误差要求并确定基础监测参数，如图 4.5 所示。

煤矿井下布置好微震台网后需进行定位误差的检验，此处标定炮的作用在于产生人工震源，因此人工震源的坐标是已知的，通过与微震系统定位后的坐标相比较，以此来评价微震系统定位的误差程度，进而评价微震系统部署的合理性。

通过本部分学习，学生可掌握通过标定炮验证微震系统布置合理性的整个流程，了解微震系统震中、震源误差最低要求，进而对微震定位原理有更深层次的理解。

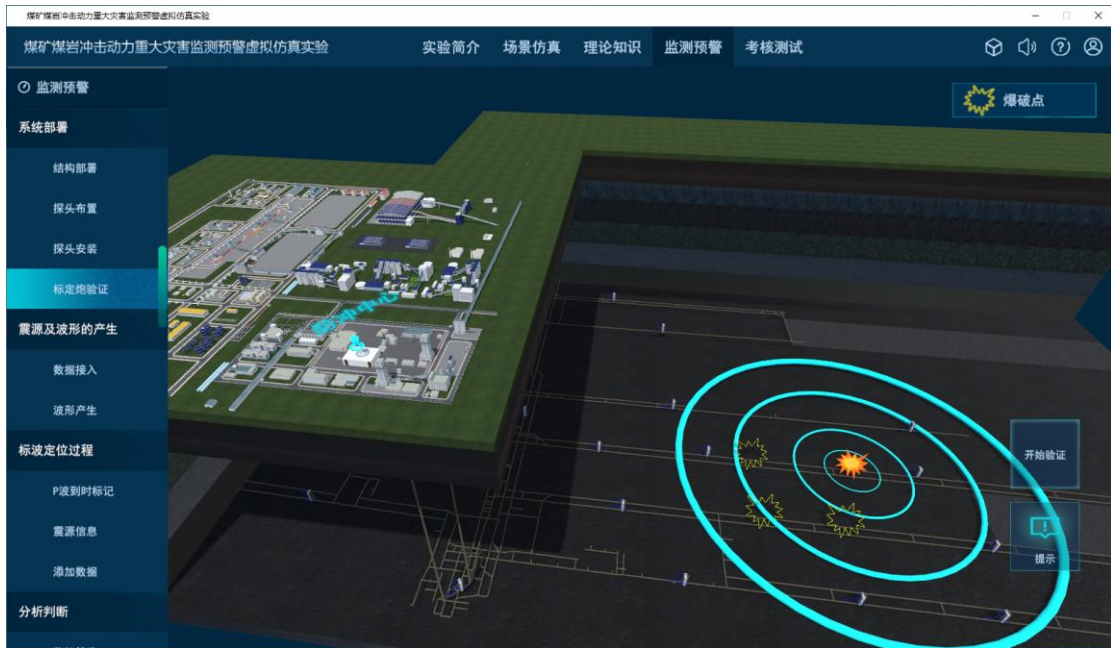


图 4.5 标定炮验证



图 4.6 误差判断

(5) 数据接入。为了结合具体冲击动力灾害开展实验研究，系统部署完成后，仿真实验模拟四种典型冲击动力灾害产生场景，包括：工作面初次来压、工作面一次见方、工作面临近断层以及工作面临近褶曲，学生可以随机选择一类场景接入后续实验数据，以进行针对性的灾害数据分析并模拟执行卸压解危工作。如图 4.7 所示。



图 4.7 数据接入

(6) 波形产生。冲击动力灾害发生前会产生震动信号，而微震系统可提前捕捉这类震动信号并将其转换为波形图的形式进行分析，分析的第一步便是通过对波形图到时位置的标记进行震源定位，波形产生部分着重表现了煤矿井下对波形的捕捉过程，如图 4.8 所示。

系统引入研究团队监测预警云平台提供的煤矿实际监测波形数据，通过该过程学习，旨在让学生掌握震动信号的产生过程、微震系统对信号的捕捉以及将其转换为波形图的过程及原理；针对学生选择不同的冲击动力灾害产生场景，系统产生的波形图的特征也不尽相同，学生可点击记录仪中某一波形对其波形特征进行观察，进而掌握不同冲击动力灾害场景下的典型波形特征，并可对四种不同场景下的波形特征差异进行对比，继而加深对特定条件下波形特征的记忆。

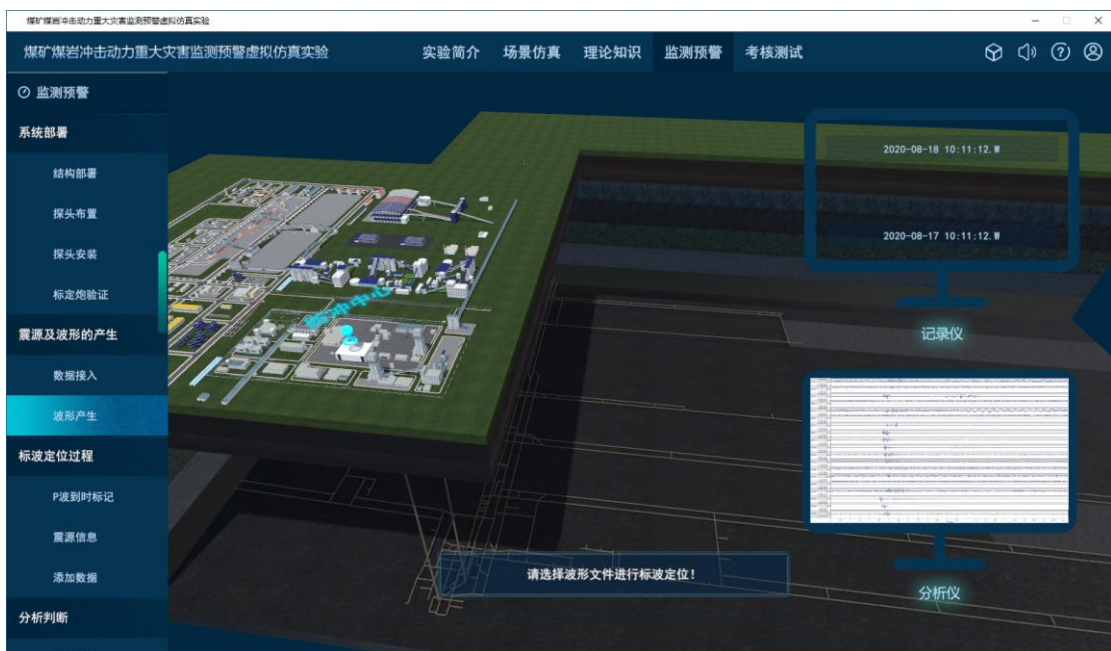


图 4.8 波形产生

(7) 与地震定位的原理相同，学生在选择相应震动波形文件之后，仿真实验模拟了标波定位算法流程，学生通过判断信号通道、确定波形到时，进行震源的定位计算、计算结果分析以及数据存储，如图 4.9-4.11 所示。

判断信号通道环节，旨在要学生掌握标波定位的基本原则，即必须选择具有清晰起震位置通道进行标记；确定波形到时环节，目的要学生掌握起震位置的判断原则；震源的定位计算环节，旨在让学生掌握震源标波定位的最低通道数量；计算结果分析及数据存储环节，学生在完成了标波定位后，可对定位结果，即震源的空间坐标以及震源能量进行查看，并可点击“数据存储”对定位结果进行保存以便后续分析。本部分的主要目的是帮助学生掌握微震监测系统中基本的标波定位原则以及流程，同时有助于学生理解如何将抽象的震动现象转换为数据形式进行分析的过程。



图 4.9 P波到时标记



图 4.10 震源信息



图 4.11 添加数据

(8) 数据筛选。在经历标波定位过程后，学生可将定位结果保存在震源数据库中以便进一步分析，根据所要分析的采煤工作面回采时期不同，学生可通过下拉菜单选择不同的时间段，确定好时间段后，点击筛选，震源数据库中会显示相应时间段的数据，然后点击数据分析，进行进一步分析。如图 4.12 所示。本部分的目的是要学生掌握数据筛选的基本原则和流程。



图 4.12 数据筛选

(9) 等级判断。此处在进行冲击动力灾害风险等级判断时，引入了研究团队最新的研究成果—冲击变形能指标，冲击变形能相关概念、理论以及基本算法均在课程讲述时讲解过。通过筛选后的微震数据，软件可进一步计算对筛选出的数据分析计算，系统生成冲击变形能云图以及冲击变形能指数图，学生可根据在课堂上学习的知识，要求学生应用危险区域判别原理，根据图形特征对当前场景的危

险区域及危险等级进行标识判断。如图 4.13 所示。本部分内容的目的是引导学生掌握使用冲击变形能进行危险区域判断的原理，进一步使学生加强对冲击变形能相关概念的理解。

“等级判断”时，学生通过自己的知识掌握通过拖动标注框对危险区域进行框选，框选的位置不同直接会影响学生的得分情况；学生可通过冲击变形能指标曲线对当前区域冲击危险性进行判断，判断结果与标准答案不同，即不得分。

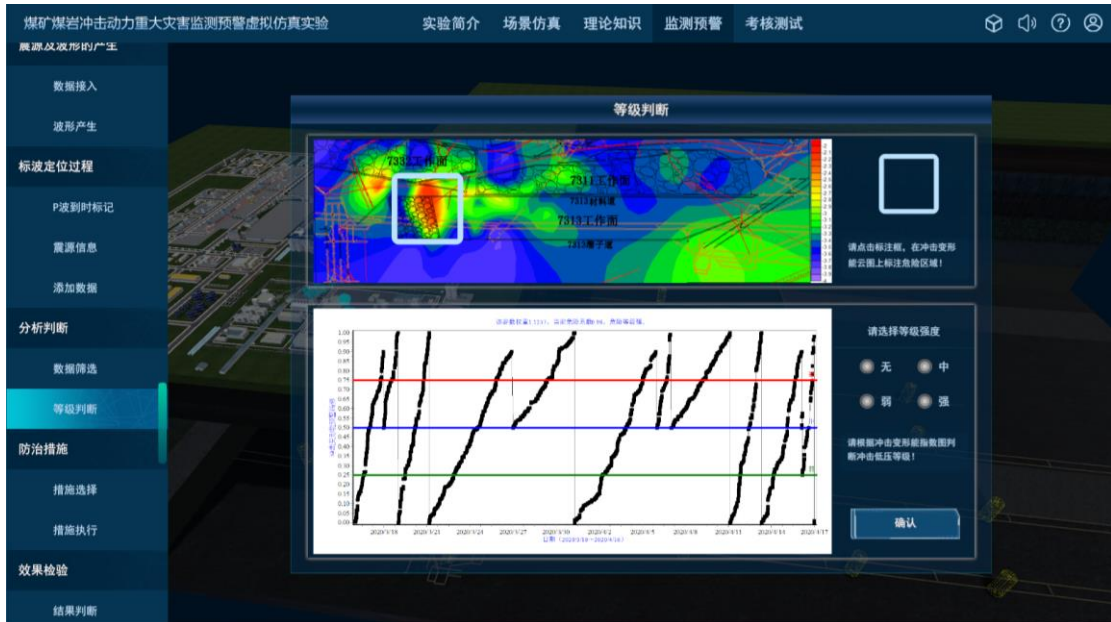


图 4.13 等级判断

(10) 防治措施选择。判断完潜在的危險区域以及危險程度后，学生需结合所学的知识根据所确定的危險区域及等级，选择合适的防治措施，如图 4.14 所示。冲击动力灾害发生的场景不同，对应冲击危险的主控因素也不同，学生需结合主控因素以及“等级判断”中确定的危險等级选择合理的卸压方式。本部分目的是考察学生对危險区域针对性防治措施选择原则的掌握。



图 4.14 措施选择

(11) 措施执行。本部分对防治措施的执行进行仿真，系统模拟了防治措施

的完整执行过程，防治措施执行时需要学生确定措施执行的核心工程参数，以交互的方式完成防治措施的执行，如图 4.15 所示。

本部分的目的是考察学生对各种卸压措施核心工程参数掌握情况。若学生选择合理的卸压措施以及工程参数，在结果判断中会显示较好的卸压效果，若卸压措施以及参数选择不合理，结果判断中则会显示较差的卸压效果。不同的卸压措施及工程参数选择均会对应不同的得分情况，系统会根据卸压措施的选择合理程度根据计分原则计算学生的得分情况。



图 4.15 措施执行

(12) 结果判断。防治措施执行完成后，系统根据防治措施选择以及施工参数设置的合理性，给出预计防治效果，并让学生进一步判断防治措施执行后的卸压效果。需要学生根据冲击变形能云图以及指标的情况与“等级判断”环节中的危险等级进行对比，综合判定防治措施执行后的卸压效果。如图 4.16 所示。

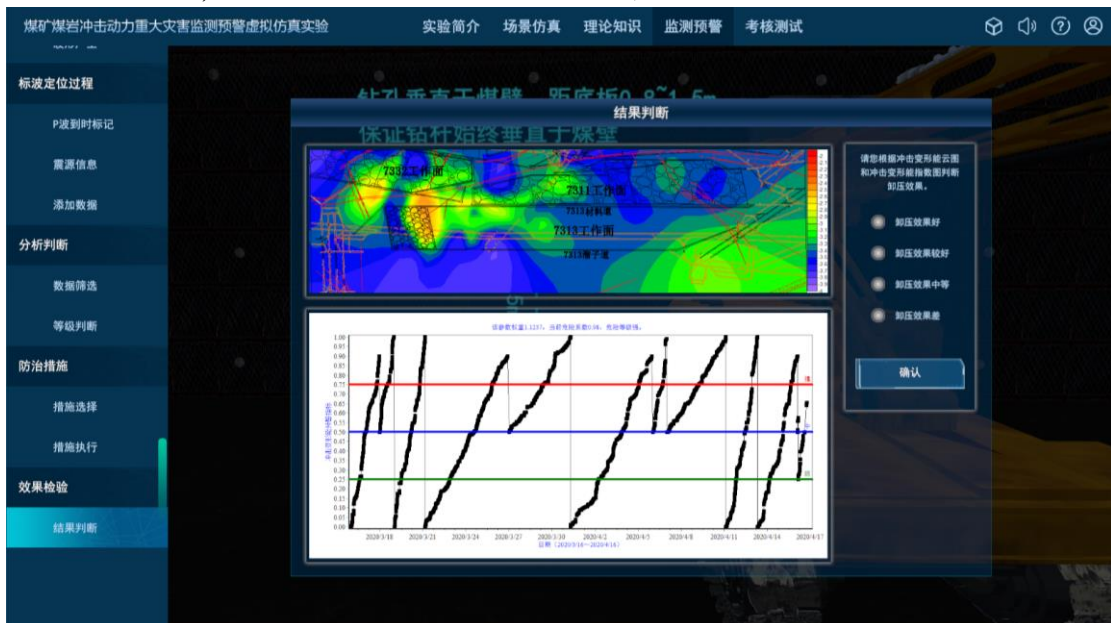


图 4.16 结果判断



## 五、考核测试

系统在部分完成整体实验过程，并根据实验流程中用户各步骤操作情况进行判断评价，根据过程考核的结果，形成实验评价报告。如图 5.1 所示。单击提交按钮，系统将评价数据上传到中国矿业大学虚拟仿真实验教学共享平台。



图 5.1 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）

通过虚拟仿真实验系统，用户可以完成煤矿冲击动力灾害监测预警与防治的总体流程，在实验过程中，根据用户选择数据推演场景的不同参数设置的差异，系统会产生不同的实验结果。系统推演的逻辑结构如图 3.7.1 所示：

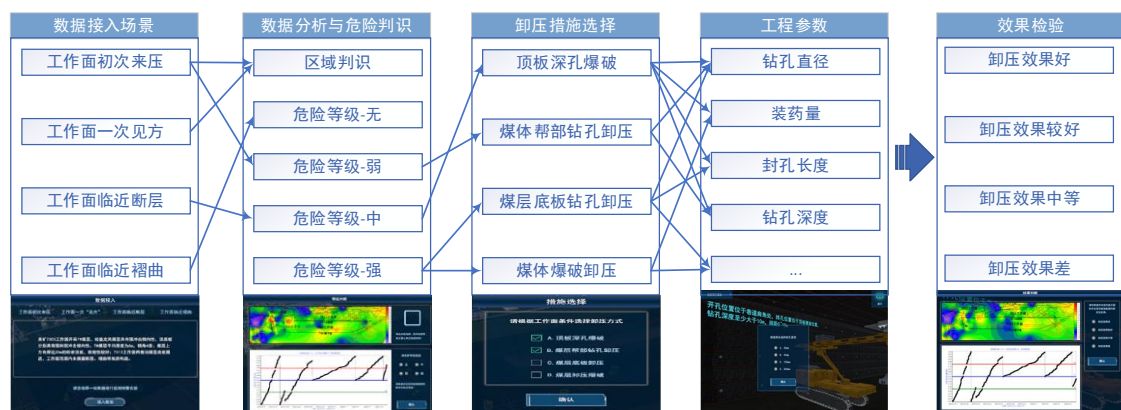


图 3.7.1 仿真实验系统推演逻辑

主要结果以及结论为：综合考虑用户针对的数据场景，过程数据分析、危险判识、措施选择与执行，得到最终卸压效果为差、中等、较好、好四个等级。

以方案 A 代表顶板深孔爆破、B 代表煤体帮部钻孔卸压、C 代表煤层底板钻孔卸压、D 代表煤体爆破卸压，实验结果与结论输出具体包括：

断层区域：卸压效果好对应方案：ABC、ACD、ABCD、BCD；卸压效果较好对应方案：BC、CD；卸压效果中等对应方案：AC、ABD；卸压效果差对应方案：A、B、C、D、BD、AB、AD。

初次来压：卸压效果好对应方案：AC、ABC；卸压效果较好对应方案：AB；卸压效果中等对应方案：A；卸压效果差对应方案：B、C、BC。

一次见方：卸压效果好对应方案：ABC、ACD、ABCD；卸压效果较好对应方案：ABD；卸压效果中等对应方案：AB、AC、AD、BCD；卸压效果差对应方案：A、B、C、D、BC、BD、CD。

褶曲区域：卸压效果好对应方案：ABCD、BCD、BC、CD、ABC、ACD；卸压效果较好对应方案：AB、AC、AD、BD、ABD；卸压效果中等对应方案：B、C、D；卸压效果差对应方案：A。

### 3-8 面向学生要求

#### (1) 专业与年级要求

本项目重点面向采矿工程专业本科3年级本科生、1年级硕士研究生。

#### (2) 基本知识和能力要求

本实验项目主要配合《矿山压力与岩层控制》课程，同时可配合《采矿地球物理学基础》（采矿工程专业本科3年级开设）课程应用，因此需要学生已经学习部分或全部采矿地球物理学概念、煤岩体冲击破坏机理、矿山岩体应力分布及压力显现等基础知识的学习。

### 3-9 实验应用及共享情况

(1) 本校上线时间：2020年4月13日（上传系统日志）

(2) 已服务过的学生人数：本校142人

(3) 附所属课程教学计划或授课提纲并填写：

纳入教学计划的专业数：1，具体专业：采矿工程

教学周期：2，学习人数：142

(4) 是否面向社会提供服务：○是 ◆否

(5) 社会开放时间： 年 月 日

(6) 已服务过的社会学习者人数：0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)

本虚拟仿真实验课程针对煤矿冲击动力灾害的监测预警及防治等内容建设, 所涉及的冲击动力灾害对我国煤矿生产安全威胁严重, 同时生产现场复杂且危险, 无法建立实际教学环境, 因此, 本项目结合虚拟仿真技术进行总体实验设计, 基于研究团队最新的科研成果, 构建适合教学的实验场景, 创新教学评价方法, 实现理论教学与实践教学的深入融合。

### (1) 实验设计方面特色

**系统基于实际科研项目数据构建。**中国矿业大学冲击地压研究团队长期以来服务于国内煤矿的冲击动力灾害治理工作, 在实际企业服务过程中积累大量理论与实践经验, 形成大量的软硬件技术。本实验依据科研项目凝练数据源、分析过程资料和结论, 充分保证了数据的真实性和实用性, 让学生真正接触现场实际。

**实验教学流程依据实际工作流程设计。**为了保证实验项目的自洽性以及完整性, 本实验仿真了煤矿企业冲击动力灾害监测预警与防治全过程, 包括井下数据采集、数据分析存储、预警判识、防治措施制定与实施, 以及效果评价等整体工作流程, 覆盖范围广, 流程性强, 使得仿真实验更具有实用价值。

**注重实验过程的推演探究性。**实验内容在设计上采用流程性多路径演化的方式, 根据实际场景构建多阶段的分析环境, 通过软件逻辑控制实验顺序, 逐步让学生根据自己的理解确定监测预警与防治的模型参数, 让学生可回溯的思考自己的实验过程。

### (2) 教学方法方面特色

**注重知识学习的建构过程。**实验系统的主体由场景仿真、理论知识、监测预警三部分构成, 通过场景仿真模块让学生理解冲击动力灾害的发生背景、形成直觉认知, 构建学习环境; 理论知识部分提供理解冲击动力灾害产生机理、发生条件、监测预警与防治的主流技术, 做好充分的理论知识储备; 监测预警部分通过全过程的仿真实验让学生实现新知识的吸收与应用。

### (3) 评价体系方面特色

**采用基于过程的评价模式。**实验系统将评价过程植入到学习和实验的各个操作步骤中, 随着学生完成整体实验, 评价过程也随之结束, 系统输出实验考核报告。在过程评价中, 不同的实验步骤根据其难度赋予不同分值以及计分模型, 以对学习效果进行有效评价。

## 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) 15名提供在线教学服务的团队成员; 2名提供在线技术支持的技术人员; 教学团队保证工作日期间提供24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)

建议带宽20M以上。

(2) 说明能够支持的同时在线人数(需提供在线排队提示服务)

500。

### 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

推荐使用Windows7及以上64位操作系统。

(2) 其他计算终端操作系统和版本要求

网页登陆, 建议使用Firefox 64位或Microsoft Edge 64位浏览器。

(3) 支持移动端: 是 否

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

(1) 非操作系统软件要求（支持 2 种及以上主流浏览器）

谷歌浏览器  IE 浏览器  360 浏览器  火狐浏览器  其他

(2) 需要特定插件  是  否

如勾选“是”，请填写：

插件名称：（插件全称）

插件容量：M

下载链接：

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

**6-4 用户硬件配置要求（如主频、内存、显存、存储容量等）**

(1) 计算机硬件配置要求

建议配置：CPU:i5；主频：3.20GHZ 或更高；内存：8GB 以上；显卡：2GB 以上；硬盘：1T。

(2) 其他计算终端硬件配置要求

建议配置：CPU:i5；主频：3.20GHZ 或更高；内存：8GB 以上；显卡：2GB 以上；硬盘：1T 以上。

**6-5 用户特殊外置硬件要求（如可穿戴设备等）**

(1) 计算机特殊外置硬件要求

无

(2) 其他计算终端特殊外置硬件要求： 无  有

如勾选“有”，请填写其他计算终端特殊外置硬件要求：

**6-6 网络安全（实验系统要求完成国家信息安全等级二级认证）**

(1) 证书编号：32031643020-21008

(2) 请附信息系统安全等级保护备案证明



## 7. 实验教学技术架构及主要研发技术

指标		内容
系统架构图及简要说明		
实验教学	开发技术	<input type="checkbox"/> VR <input type="checkbox"/> AR <input type="checkbox"/> MR <input checked="" type="checkbox"/> 3D 仿真 <input type="checkbox"/> 二维动画 <input type="checkbox"/> HTML5 <input type="checkbox"/> 其他
	开发工具	<input checked="" type="checkbox"/> Unity3D <input checked="" type="checkbox"/> 3D Studio Max <input type="checkbox"/> Maya <input type="checkbox"/> ZBrush <input type="checkbox"/> SketchUp <input type="checkbox"/> Adobe Flash <input type="checkbox"/> Unreal Development Kit <input type="checkbox"/> Animate CC <input type="checkbox"/> Blender <input type="checkbox"/> Visual Studio <input type="checkbox"/> 其他
	运行环境	<b>服务器</b> CPU 8 核、内存 32 GB、磁盘 1024 GB、 显存 16 GB、GPU 型号 英伟达 <b>操作系统</b> <input checked="" type="checkbox"/> Windows Server <input type="checkbox"/> Linux <input type="checkbox"/> 其他 具体版本： <b>数据库</b> <input type="checkbox"/> Mysql <input checked="" type="checkbox"/> SQL Server <input type="checkbox"/> Oracle <input type="checkbox"/> 其他 <b>备注说明</b> （需要其他硬件设备或服务器数量 多于 1 台时请说明） <b>是否支持云渲染：</b> <input type="radio"/> 是 <input checked="" type="radio"/> 否
	实验品质（如：单场景模型总面数、贴图分辨率、每帧渲染次数、动作反馈时间、显示刷新率、分辨率等）	单场景模型总面数：100 万面； 贴图分辨率：256*256、512*512 刷新率：60 帧 分辨率：1920*1080

## 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	进一步提高程序功能完整性及稳定性，建立理论知识题库。
第二年	扩展应力监测预警技术、根据理论教学内容更新实验
第三年	扩展地音监测预警技术，根据科研数据，丰富推演场景
第四年	扩展钻屑法监测预警技术，根据科研数据，丰富推演场景
第五年	根据行业发展，对实验内容重构，丰富教学资源、更新实验

其他描述：课程的持续建设主要依据稳定、丰富、扩展、重构的典型软件开发流程，不断收集学生及企业反馈，跟踪行业发展，将先进科研成果、数据与模型不断迭代进软件中，提高软件的科研价值及实用性，进而培养学生适应生产实际的理论与实践综合创新能力。

### (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	3	500	3	200
第二年	5	1500	5	400
第三年	10	2000	10	600
第四年	20	3000	15	800
第五年	30	5000	20	1000

其他描述：本实验课程基于《矿山压力与岩层控制》、《采矿地球物理学基础》等矿业工程基础课程建设，内容体系完善，科研理论先进，因此对于矿业类高校具有很好的推广应用前景，目前已经在多个兄弟院校进行了试点应用。同时，本实验课程结合煤矿安全生产实际开发，对于煤矿企业具有重要安全生产培训、技术应用价值，据此制定了本课程面向高校、社会的教学推广应用计划。

## 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	冲击地压监测预警虚拟仿真实验系统 V.10
是否与课程名称一致	<input type="radio"/> 是 <input checked="" type="radio"/> 否
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。	
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 <input type="radio"/> 课程负责人 <input type="radio"/> 学校团队成员 <input type="radio"/> 企业人员 <input type="radio"/> 其他
权利范围	全部权利
软件著作登记号	2020SR1060071
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

<p>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。</p> <p style="text-align: right;">实验教学课程负责人（签字）： 年 月 日</p>
--



## 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。）

### 2. 课程内容学术性评价意见（必须提供）

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

### 3. 校外评价意见（可选提供）

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

关于中国矿业大学《煤矿煤岩冲击动力重大灾害监测预警虚拟仿真实  
验》申报 2021 年国家级虚拟仿真一流课程的政治审查意见

经审查，课程参与人员曹安业、李小林、窦林名、牟宗龙、闫帅，政治表现优良，爱党爱国，追求进步，拥护党的路线、方针、政策，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。由以上团队主讲的《煤矿煤岩冲击动力重大灾害监测预警虚拟仿真实验》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虚拟仿真实验教学课程申报。

中共中国矿业大学委员会

2021年6月7日



### 课程团队成员政治审查意见

安徽视晶科技有限公司：

兹有中关镇秋千村黄树组村民刘汪汉，身份证号：340828199610142110，该同志思想上积极要求进步，热爱祖国，热爱党，热爱社会主义，拥护党的路线、方针、政策，无违法违纪记录，坚决拥护中国共产党的领导，积极学习，有良好的服从意识和组织纪律性，政治表现良好，无违法违纪记录。

情况属实  
2021.6.9.



## 课程团队成员政治审查意见

根据第二批国家级一流本科虚拟仿真实验教学课程申报要求，对《煤矿煤岩冲击动力重大灾害监测预警虚拟仿真实验》课程团队成员进行政治审查。

经审查，秦华新同志，身份证号：34242219870206329X，思想上积极要求进步，热爱祖国，热爱党，热爱社会主义，拥护党的路线、方针、政策，无违法违纪记录，坚决拥护中国共产党的领导，积极学习，有良好的服从意识和组织纪律性，政治表现良好。

单位名称：安徽视晶科技有限公司



党委签字盖



## 关于中国矿业大学《煤矿煤岩冲击动力重大灾害监测预警虚拟仿真实验》申报 2021 年国家级虚拟仿真一流课程的学术性评价意见

由中国矿业大学曹安业、李小林等负责讲授的《煤矿煤岩冲击动力重大灾害监测预警虚拟仿真实验》课程，符合国家虚拟仿真实验教学课程的基本要求，教学效果优秀。该课程团队长期工作在教学及科研一线，具有丰富的教学经验与良好的科研水平。该虚拟仿真实验课程针对煤矿生产领域具有重大安全关切的煤岩冲击动力灾害，建设虚拟仿真资源并设计开展教学活动，将科研成果引入课堂教学，具有很好的前沿性、创新性与综合应用性。

该虚拟仿真课程结合《矿山压力与岩层控制》、《采矿地球物理学基础》等课程的理论教学体系，以场景仿真、理论学习与监测预警应用为主体，由浅入深、由理论至实践，逐层递进，构建了完善的理论学习与实践应用体系。基于场景推演示与全过程考核，以生动的形式对冲击动力灾害原理、微震监测技术、冲击危险判识及典型防治技术等知识进行实验设计，培养学生解决复杂问题的创新思维与综合应用能力。

该课程知识体系科学、资源建设完善，内容正确生动，与相应理论课程有效融合，基于网络三维技术，教学模式灵活，具有很好的共享性与示范性，推荐其参与第二批国家级一流本科虚拟仿真实验教学课程申报。

中国矿业大学学术委员会

2021年6月9日



课程编号：M01102

## 《矿山压力与岩层控制》课程教学质量标准

40 学时 2.5 学分

### 一、课程目标

地下煤层开采引起的岩层破断运动是一系列安全和环境问题的根源，研究采动岩层运动规律及控制技术是煤矿安全、高效、绿色开采的重要基础。矿山压力与岩层控制就是研究采掘后岩层运动规律及其控制方法的科学。

《矿山压力与岩层控制》是采矿工程专业的专业主干课；其先修课程是高等数学、材料力学、岩石力学、采矿学、地质学等。学生通过全面系统地学习有关采动覆岩结构理论、岩层破断运动规律、矿压显现规律与岩层控制方法，达到如下主要目标：

- 1、掌握矿山压力与岩层控制的基本概念、基本理论和控制方法，为从事采矿科研、设计及煤矿技术管理工作打下坚实的理论基础。
- 2、通过课程学习使学生了解矿山压力与岩层控制研究对煤矿安全高效绿色开采的重要意义，了解矿山压力与岩层控制研究的基本内容、主要方法、难点与发展过程，激发学生为我国煤炭工业科学发展贡献力量的专业精神。
- 3、通过全过程研讨式教学模式，达到完善学生知识结构、培养学生的自学能力和表达能力、锻炼学生的探索创新、团队协作和解决实际工程问题能力。

### 课程目标与毕业要求的对应关系

毕业要求	二级指标点	课程目标
毕业要求 1- 工程知识	1.3 具备采矿工程专业知识和技能，分析采矿工程领域的复杂工程问题。 1.4 能够应用所学基础和专业基础知识，开展矿山开采建设方案决策与优化设计等。	1
毕业要求 2- 问题分析	2.2 具备资料收集、文献检索与分析的能力，能基于相关科学和工程原理，认识到复杂采矿工程问题具有多种解决方案和寻求解决问题的有效途径。 2.3 能够正确描述和表达复杂采矿工程问题的解决方案和实施过程中的问题。 2.4 能够研究分析复杂采矿工程方案中关键问题和方案可行性，并进行多方案的技术经济对比分析和获得有效结论。	1, 2
毕业要求 3- 设计/开发解 决方案	3.2 能够针对矿业工程的煤田赋存特定条件和需求，完成矿井、采区、采煤工作面、掘进工作面或矿业装备单元及部件的设计，体现综合应用所学知识的能力。 3.3 能够进行矿井开采系统或复杂采矿工程问题的工艺流程设计，在设计中体现创新意识。 3.4 能够针对不同采矿工程问题的应用需求并综合考虑在设计中体现创新意识并能够考虑安全、健康、法律、文化、伦理及环境等制约因素。	1, 2, 3

毕业要求 4-研究	4.1 能够基于科学原理,通过文献研究或相关方法,调研和分析解决复杂采矿工程问题的方案,提出合理的实验方案和技术路线。	1, 2
毕业要求 5-使用现代工具	5.1 掌握矿山岩体工程地质力学参数测试、评价所使用的专门仪器与装备,能够针对复杂采矿工程问题而选择恰当的测试技术与实验方法。 5.2 能够熟练应用采矿工程活动中采集、处理与分析等矿压、岩石力学参数分析的相关软件,具备矿山技术革新与新方法、新工艺、新装备应用的基本能力。 5.3 理解掌握虚拟仿真技术在现代煤矿安全领域应用,结合计算机技术,掌握典型数据分析、监测预警流程。	1
毕业要求 6-工程与社会	6.2 面向矿产资源开发、工程建设中的矿业生态环境问题,能分析和评价矿山开发对社会、健康、安全、法律、文化、伦理的影响,以及这些制约因素对项目实施的影响,并理解应承担的责任。	1, 2, 3
毕业要求 7-环境和可持续发展	7.1 知晓和理解环境保护和可持续发展的理念和内涵;认识采矿科学与技术资源环境保护、社会经济可持续发展中的地位和作用。 7.2 能够站在环境保护和可持续发展的角度思考采矿工程专业实践的可持续性,评价开采全周期可能对人类和环境造成的损害和隐患。	1, 2, 3
毕业要求 8-职业规范	8.2 具备法律意识,能够在采矿工程实践中自理解采矿专业人员的职业性质,并遵守采矿行业的职业道德和法律法规。 8.3 理解采矿工程师对公众的安全,健康和福祉以及环境保护的社会责任,能够在工程实践中自觉践行责任。	2, 3
毕业要求 9-个人和团队	9.1 具备相关学科基础知识,能够理解采矿专业知识对相关工程的作用与重要性,培养采矿工程专业的学生能够与其他学科的成员有效沟通,合作,共享,能够在团队中独立和合作开展工作。	3
毕业要求 10-沟通	10.1 能就采矿工程专业问题以口头,文稿,图表等方式,准确表达自己的观点,回应质疑,理解与业界同行和社会公众交流的差异性,并具备与业界同行及社会公众进行有效沟通和交流的能力。	3
毕业要求 11-项目管理	11.1 理解并掌握矿山开采全周期过程管理的基本原理,按照工程项目和产品设计和实施的全周期,全流程进行的过程管理,多任务协调时间进度控制,相关资源管理,人力资源管理。	1, 2, 3
毕业要求 12-终身学习	12.1 能在社会发展的大背景下,认识到自主和终身学习采矿工程等相关知识的必要性。能够培养关注、了解和掌握采矿工程新技术,新产业,新业态,新模式的挑战,融会贯通学科与专业间的交叉融合。	1, 2, 3

## 二、课程内容、要求及学时分配

### 1.主要教学内容

序号	章节	内容及要求	学时	备注
1	第一章 绪论	掌握矿山压力、矿山压力显现、矿山压力控制等基本概念。 了解学科的发展状况,学习方法及要求。	2	
2	第二章 矿山岩体的原岩应力及其重新分布	了解“孔”周围的应力分布特点,支承压力在底板内的传播规律。 掌握原岩应力场、围岩极限平衡状态及支承压力等概念。	4	可以放到第四章中来讲

3	第三章 采场上覆岩层结构与顶板破断规律	<p>掌握直接顶、基本顶的概念，了解采空区处理方法。</p> <p>掌握采动覆岩存在“大结构”保护采场的基本概念，了解覆岩“大结构”的经典假说，理解关键层的概念与基本学术思想。</p> <p>掌握直接顶初次破断的概念，理解直接顶初次破断前的离层及其推垮型冒顶机理，了解直接顶垮落的碎胀特性及其对矿压影响。</p> <p>掌握基本顶按梁模型、板模型的破断特征。</p> <p>掌握基本顶梁模型的初次破断距计算方法，了解基本顶板模型破断距计算方法及其与梁模型的差异。</p> <p>理解“砌体梁”结构的概念，了解“砌体梁”全结构模型的受力分析与“S-R”稳定性分析，掌握“砌体梁”结构的“S-R”稳定条件。</p> <p>了解基本顶 Winkler 弹性地基梁与板破断的反弹与压缩的概念及其对工作面来压预报的意义。</p>	8	
4	第四章 采场矿山压力显现基本规律	<p>了解采场矿压显现的几个基本现象与概念。</p> <p>掌握基本顶初次来压及初次来压步距的概念。</p> <p>掌握基本顶周期来压及周期来压步距的概念，理解周期来压与“砌体梁”结构运动的关系，了解基本顶来压期间顶板控制要求。</p> <p>理解顶板压力的构成，掌握 4-8 倍采高容重估算法。</p> <p>掌握回采工作面四周及采空区支承压力分布特征，了解覆岩结构等因素对支承压力分布的影响。</p> <p>掌握从覆岩结构稳定性角度分析影响采场矿压显现因素的方法。了解采高、开采速度、采深、煤层倾角、重复采动等因素对采场矿压显现的影响规律。</p>	8	
5	第五章 采场顶板控制及支护方法	<p>掌握直接顶分类与基本顶分级方案，了解底板分类。</p> <p>掌握工作面支架主要类型及其适用条件。</p> <p>了解“煤壁—支架—采空区已冒落矸石”横向支撑体系及“顶板—支架—底板”竖向支撑系统，掌握支架 P-<math>\Delta</math>L 关系曲线内涵，理解支架“给定变形”与“给定载荷”工作状态。</p> <p>掌握综采工作面支架选型设计方法。</p> <p>了解采场来压预报方法与支护质量监测方法。</p> <p>了解采场顶板事故的类型，了解端面冒顶、坚硬顶板大面积来压、浅埋煤层开采压架等顶板事故机理与防治方法，掌握应用已学的“砌体梁”结构 S-R 稳定原理来分析各类条件下顶板事故机理的方法。</p>	6	
6	第六章 采区巷道矿压显现及其控制	<p>了解采区巷道变形与破坏的主要形式与影响因素。</p> <p>掌握受采掘影响区段平巷围岩变形阶段及变形特征，了解采区斜巷沿倾斜矿压显现规律、煤层底板巷道矿压显现规律。</p> <p>了解采区巷道矿压控制基本方法和途径：保护、支护、维护，理解巷道“支架-围岩”相互作用原理。</p> <p>理解如何利用采动支承压力分布规律保护巷道，掌握沿空掘巷、沿空留巷技术，了解巷道卸压保护技术。</p> <p>掌握锚杆支护技术原理，了解巷道巷旁支护、联合支护原理。</p>	6	
7	第七章 煤矿动压现象及其控制	<p>了解冲击矿压的形成特点及冲击倾向性分类，理解冲击矿压发生机理。</p> <p>了解冲击矿压的预测预报方法及危险性评定方法，了解冲击矿压的防治技术。</p>	2	本章结束后开展《煤矿煤岩冲击力重大灾害监测预警虚拟仿真实验》



8	第八章 岩层移动与地表沉陷控制	了解采场岩层移动与地表沉陷一般规律、采场底板破坏与突水、岩层移动与地表沉陷控制技术。	2	根据课时情况，可以不讲，不作为考试内容。
合计			38	

## 2.实验教学内容

序号	实验名称	内容及要求	学时	备注
1	煤矿煤岩冲击动力重大灾害监测预警虚拟仿真实验	了解煤矿冲击动力灾害管理场景结构；理解动静载叠加诱冲机理、冲击地压发生条件、以及典型监测预警和防治技术；基于微震监测系统，理解系统部署、数据采集与处理技术、根据推演场景实现动力灾害危险性判识和防治措施的实施评价。	2	基于中国矿业大学虚拟仿真实验教学共享平台开展。
合计			2	

## 三、师资队伍

课程负责人：具有采矿工程专业博士学位和教授以上职称的教师。

主讲教师配置要求：具有采矿工程专业博士学位且受聘采矿工程学科正高级职称，且具有累计 10 年以上矿山实践经验的教师。

## 四、教材及教学参考

### 1. 建议教材

钱鸣高，等. 矿山压力与岩层控制. 徐州：中国矿业大学出版社，2020

### 2. 教学参考书

1) 陈炎光，钱鸣高. 中国煤矿采场围岩控制. 徐州：中国矿业大学出版社，1994

2) 陈炎光，陆士良. 中国煤矿巷道围岩控制. 徐州：中国矿业大学出版社，1994

## 五、教学组织

### 1. 教学构思

课程是采矿工程专业必修的专业核心课程和主干课程，重点在于向采矿工程专业学生介绍我国矿山压力与岩层控制方面所取得的科研成果和生产实践经验，适当介绍了可借鉴的国外相关理论和技术，形成完整的知识体系，教学过程中注重虚拟仿真等先进计算机技术的应用。教学中应该以“采场覆岩结构”贯穿始终，让学生建立起采场覆岩结构的基本思想，学会用采场覆岩结构形式及其稳定性分析影响矿压显现的地质开采条件及其控制方法。

### 2. 教学策略

该课程的特点是理论性与实践性都很强的课程，是采矿工程专业比较难教难学的一门专业课程。课程内容要紧密结合生产实践，可以采用案例教学的内容尽量结合案例教学。充分利用多媒体课件，实现课程难点易教易学。同时，鉴于采矿工程学科还在不断发展中，授课教师在各自学科方向有最新研究成果，本课程将给予授课教师一定自主性，在保证讲授基础

内容的前提下，可根据个人特长对其他授课内容进行适当取舍。基于已建设的冲击动力灾害虚拟仿真资源，将行业及教师先进的科研进行虚拟化、软件化，加强课程数字资源建设。

### 3. 教学方法

本课程采用课堂讲授、课堂研讨与在线虚拟仿真实验相结合的教学方法。学生必须在课前自学教材内容，每次带着问题进课堂，每次课先由学生提出在自学教材内容中不懂的地方和问题，大家进行讨论，有些章节会让部分同学上讲台来讲，再由老师进行重点讲授。结合虚拟仿真实验，充分发挥学生学习的主观能动性并激发学生主动学习的积极性，改善学习效果，锻炼学生自学能力、创新研究能力。

### 4. 教学场地与设施

课堂教学需要多媒体教室、机房。

### 5. 教学服务

授课教师除了组织课堂研讨外，还应向学生及时提供答疑服务、在线实验服务；要布置课外教材自学和参考文献阅读任务，对课程论文选题与写作进行必要指导。

## 六、课程考核

本课程采用过程考核和结课考试相结合的考核方式。

教师根据课程进度安排课堂测验、课程论文、课堂研讨及虚拟仿真实验等过程考核；其中课堂测验、课程论文、课堂研讨及虚拟仿真实验占课程最终成绩的 40%，结课考试占 60%。

## 七、说明

1. 本课程应在学完基础课，基本学完专业基础课，并经过现场实习之后开设。
2. 大纲适应于采矿工程专业本科生教学。

制定者：许家林 教授

审定者：姚强林 教授

批准者：万志军 教授

附：

## 《矿山压力与岩层控制》课程考核方式说明

课程编号：M01102

课程名称：矿山压力与岩层控制

学分： 2.5 总学时： 40

《矿山压力与岩层控制》课程总评成绩分过程考核(平时)成绩和结束考核(结课考试)成绩两部分，其中过程考核分为课堂出勤、课堂测验、研讨与虚拟仿真实验等三部分。课堂出勤占总评成绩的 5%，课堂测验 4 次，占总评成绩的 20%，研讨与虚拟仿真实验占总评成绩的 15%。结课考试占总评成绩的 60%。

### 一、课堂测验（4 次，占课程总评成绩的 20%）

选择课程重点和难点知识点，根据课程进程，进行课堂测验。

注：课堂测验占课程总成绩的 20%，每次占 5%。

教师在随堂测验题评改后给出标准答案，并结合共性问题进行重点讲解。

### 二、研讨与虚拟仿真实验（占课程总评成绩的 15%）

课程研讨采用分组讨论（每组 3-5 人），每组可自行选择一个与课程内容相关的主题，也可以与授课老师讨论选择主题。提前布置，课程结束前进行研讨汇报。要求按《采矿与安全工程学报》论文版式撰写课程论文，采用 PPT 汇报。

虚拟仿真实验环节，学生注册登录中国矿业大学虚拟仿真实验教学共享平台，完成《煤矿煤岩冲击动力重大灾害监测预警虚拟仿真实验》。

### 三、课程结课考核

考核方式：闭卷考试，笔试

课程结束考试采用笔试方式，占课程总分的 60%。

### 四、课程成绩构成

考核方式比例：课程过程考核占 40%，课程结束考核占 60%。