

附件 2

2019 年度国家虚拟仿真实验教学项目申报表

学 校 名 称	中国矿业大学（北京）
实 验 教 学 项 目 名 称	综采放顶煤虚拟仿真教学实验
所 属 课 程 名 称	煤矿开采学
所 属 专 业 代 码	081501
实 验 教 学 项 目 负 责 人 姓 名	侯运炳
有 效 链 接 网 址	<a href="http://cyy.cumb.rockefeller.net/virexp/zcfd">http://cyy.cumb.rockefeller.net/virexp/zcfd</a>

教育部高等教育司制

二〇一九年七月

## 填写说明和要求

1. 以 Word 文档格式，如实填写各项。
2. 表格文本中的中外文名词第一次出现时，要写清全称和缩写，再次出现时可以使用缩写。
3. 所属专业代码，依据《普通高等学校本科专业目录（2012 年）》填写 6 位代码。
4. 不宜大范围公开或部分群体不宜观看的内容，请特别说明。
5. 表格各栏目可根据内容进行调整。

## 1. 实验教学项目教学服务团队情况

1-1 实验教学项目负责人情况					
姓 名	侯运炳	性别	男	出生年月	1962-02-10
学 历	研究生	学位	博士	电 话	01062339039
专业技术职务	教授	行政职务		手 机	13051090099
院 系	能源与矿业学院			电子邮箱	Houyunbing2000@163.com
地 址	北京市学院路丁 11 号			邮 编	100083
<p><b>教学研究情况：</b>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><b>1 主持的教学研究课题</b></p> <p>(1) 采矿虚拟仿真实验平台优化及教学方法研究，中国矿业大学（北京）教改项目，2019</p> <p>(2) 采矿安全虚拟仿真实验教学系统，中央高校改善基本办学条件专项资金实验室建设项目，2018</p> <p>(3) 创新型本科实践教学评价体系研究，中国矿业大学（北京）教改项目，2015</p> <p><b>2 发表的教学研究论文</b></p> <p>(1) 侯运炳，姜喜迪，权伟隆，采矿与安全虚拟仿真实验教学系统的搭建，教育现代化，2019，（6）：40-43</p> <p>(2) 侯运炳，杨大鹏，陈斌，本科生导师制评价考核机制研究制，教育，2019，12（11）：239</p> <p>(3) 侯运炳，薛黎明，工程类专业“系统工程”课程教学模式研究，中国校外教育，2011，（12）：124</p> <p>(4) 侯运炳，采矿工程专业设置专业导论课程的思考，中国校外教育，2011，（10）：111-112</p> <p><b>3 获得的教学表彰/奖励</b></p> <p>(1) 煤炭采矿安全特色专业建设与实施，国家教学成果奖二等奖，排名第 3，2014</p> <p>(2) 煤炭采矿安全特色专业建设与实施，北京市教学成果一等奖，排名第 3，2013</p> <p>(3) 实施本科生全程导师制，建设一流本科教育，全国煤炭行业教育教学成果奖特等奖，排名第 5，2018</p> <p>(4) 基于研究型人才培养目标的工业工程专业课程群建设，中国矿业大学（北京）优秀教学成果奖一等奖，排名第 2，2018</p>					
<p><b>学术研究情况：</b>近五年来承担的学术研究课题（含课题名称、来源、年限、本人所起作用，不超过 5 项）；在国内外公开发行的刊物上发表的学术论文（含题目、刊物名称、署名次序与时间，不超过 5 项）；获得的学术研究表彰/奖励（含奖项名称、授予单位、署名次序、时间，不超过 5 项）</p>					

### 1 近五年来承担的学术研究课题

- (1)地理信息系统和设备定位技术与装置研制，科技部十三五重点研发专项（2017YFC0804303），任务负责人，2017.07-2020.12
- (2)多过程耦合效应下尾砂固结行为研究，国家自然科学基金面上项目（51674263），负责人，2017.01-2020.12
- (3)特大型地下矿山规模化开采关键技术，科技部十二五科技支撑计划（2013BAB02B04），子课题负责人，2013.01-2016.12
- (4)采煤塌陷区综合治理研究，国家能源局项目,负责人，2016.01-2017.12
- (5)沙坪沟钼矿尾矿固结排放关键问题研究，横向，负责人，2017.01-2018.12

### 2 发表的学术论文

- (1) Hou YB, Ding PC, Han D et al. Study on the Preparation and Hydration Properties of a New Cementitious Material for Tailings Discharge. Processes, 2019, 7(1),47. DOI:10.3390/pr7010047.
- (2) 侯运炳, 刘畅, 丁鹏初, 尾砂固结排放的重金属固化效应研究,工程科学与技术, 2018, 50 (5): 231-238
- (3) 侯运炳, 何尚森, 两柱掩护式液压支架空间承载特性研究,工程科学与技术,2017, 49 (3): 85-95
- (4) 侯运炳, 何尚森, 近距离煤层层间基本顶损伤及破断规律研究,岩土力学,2017, 38(10) 10: 2989-3008
- (5) HouYunbing, Charging for the waste dumping of open-pit metal mines, Journal of University of Science and Technology Beijing,2006,13 ( 6): 481-485

### 3 获得的学术研究表彰/奖励

- (1)采煤塌陷区综合治理研究，中国煤炭工业科学技术奖三等奖，排名第一，2018.
- (2)六家煤矿极近距离煤层群开采软岩巷道支护技术研究与应用，中国职业安全健康协会科学技术奖二等奖，排名第一，2016.
- (3)全尾砂固结排放理论技术及工艺研究，冶金矿山科学技术奖一等奖，排名第二，2014
- (4)峰峰集团公司人力资源管理信息系统开发与应用，中国煤炭工业科学技术奖二等奖，排名第一，2013
- (5)北洛河铁矿建设项目计算机管理决策支持系统，国家冶金工业部科技进步二等奖，排名第一，1999

### 1-2 实验教学项目教学服务团队情况

#### 1-2-1 团队主要成员（含负责人，5人以内）

序号	姓名	所在单位	专业技术职务	行政职务	承担任务	备注
1	侯运炳	中国矿业大学(北京)	教授		负责人	
2	杨大鹏	中国矿业大学(北京)	工程师	院党委书记	组织协调	
3	张勇	中国矿业大学(北京)	教授	副系主任	实验教学	在线

4	潘卫东	中国矿业大学(北京)	副教授	系支部书记	实验教学	在线
5	姜喜迪	中国矿业大学(北京)	工程师	院教秘	教学管理	在线
1-2-2 团队其他成员						
序号	姓名	所在单位	专业技术职务	行政职务	承担任务	备注
1	杨胜利	中国矿业大学(北京)	副教授	副院长	实验教学	
2	吴仁伦	中国矿业大学(北京)	副教授	副系主任	实验教学	在线
3	杜莉莉	中国矿业大学(北京)	工程师	实验员	实验教学	在线
4	王光晨	北京龙软科技股份有限公司	工程师	经理	软件研发	技术支持
项目团队总人数： <u>9</u> （人）高校人员数量： <u>8</u> （人）企业人员数量： <u>1</u> （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

<p>2-1 名称</p> <p>综采放顶煤虚拟仿真教学实验</p>
<p>2-2 实验目的</p> <p>中国矿业大学（北京）是教育部直属的全国重点高校、国家“211 工程”、“985 优势学科创新平台项目”、一流学科建设高校，是以矿业与安全为特色的多科性大学。采矿工程学科是国家级重点学科，矿业工程学科为“双一流”建设学科。</p> <p>2018 年，依托采矿工程国家重点学科和“矿业工程”双一流建设学科，学校建设了采矿安全虚拟仿真实验教学中心，构建高度仿真的虚拟地下煤矿、地下金属矿、露天煤矿的生产、环境及安全系统，为教学提供矿山高危环境综合性强、创新性强、复杂度高的典型实验项目，提供了先进的虚拟仿真教学方法和手段，显著提高了教学水平。</p> <p>煤炭是我国的主体能源。综采放顶煤是我国具有独立知识产权的厚煤层开采方法，也是近 40 年来我国煤炭开采领域取得的重要标志性成果，已经成为我国煤炭开发技术问鼎世界的名片。综采放顶煤是煤矿开采学的核心教学内容，也是系统性、实践性要求极高的大型复杂实验项目，但实验室无法提供需</p>

要大型昂贵设备系统配套作业的采煤方法及工艺的试验条件。同时，由于受到安全、环境、繁忙生产等因素影响，学生难以在真实现代化矿井危险环境进行系统学习和实验。

综采放顶煤虚拟仿真实验目的如下：

(1) 建立矿井生产系统真实感知。通过对矿井真实环境及综采放顶煤工作面的三维仿真模拟，引导学生认知工业广场、井下巷道及综采放顶煤工作面设备布置系统。

(2) 掌握综放工作面主要设备的结构、工作原理及操作方法。对采煤机、放顶煤液压支架、刮板输送机等虚拟仿真设备进行拆解和交互操作学习，掌握相关设备的结构及工作原理和操作方法。

(3) 掌握综采放顶煤工艺各作业工序的技术要点和实际操作能力。在虚拟综采放顶煤工作面，按照煤矿安全规程要求，逐一交互操作采煤机、放顶煤液压支架等采煤设备进行割煤、移架、推刮板输送机、放顶煤、拉后部刮板输送机等作业实践训练，掌握综放工艺各作业工序的技术要点和实际操作能力。

(4) 掌握综放工艺技术、流程、方法和循环作业过程。按照综放工艺要求、工艺参数、放煤方式及制度，在虚拟综采放顶煤工作面，交互操作采煤机、放顶煤液压支架等设备模拟综采放顶煤工艺流程、作业循环过程，使学生掌握综采放顶煤工艺流程与方法，综采工作面采煤机端部斜切进刀、割三角煤、正常割煤、端部割煤的工艺技术，顶煤放出方式、制度和工艺技术方法，采煤、放煤各作业工种协调作业流程和关系。

(5) 培养综采放顶煤现场生产组织、管理能力。通过综合训练，进一步理解综采放顶煤理论知识，提高综采放顶煤现场生产组织、管理的能力。

综采放顶煤虚拟仿真项目解决了本科生去煤矿进行实习的繁琐环节，学生可以在 PC 端共享实验资源或在实验室通过 VR 技术体验井下生产作业过程，突破了传统的教学方式，让学生在身处煤矿虚拟环境中掌握知识和技能。

### 2-3 实验课时

(1) 实验所属课程所占课时：6/72

(2) 该实验项目所占课时： 4

## 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）

实验项目依据三维模拟仿真和 VR 技术，还原了大型煤矿的工业广场和井下真实的生产环境等场景，通过构建综采放顶煤工作面生产系统，来模拟工作面采煤机的割煤、推前刮板输送机、移架、液压支架放煤、拉后部刮板输送机的整个作业过程，引导学生在对采煤设备结构、性能及操作方法了解基础上，按照作业规程和工艺参数，操作采煤设备进行割煤、放煤作业，系统掌握综采放顶煤工艺技术知识。

(1) 在虚拟环境下漫游工业广场，经副井罐笼下井，沿巷道前往综采放顶煤工作面，了解工业广场建筑物构成，认知综采放顶煤工作面生产设备系统。

(2) 在三维动态仿真环境下，通过拆解采煤机、放顶煤液压支架、刮板输送机等虚拟采煤设备，学习采煤设备的结构和组成。

(3) 通过设备控制面板交互模拟操作拆解采煤机、放顶煤液压支架、刮板输送机等虚拟采煤设备，学习设备的运动控制和工作原理。

(4) 在高度仿真的综采放顶煤工作面，按照综采放顶煤工艺和作业规程要求，逐一交互操作综采工作面采煤机、液压支架等虚拟设备，进行割煤、推刮板输送机、移架、放顶煤等多工种作业训练，掌握各项作业的技术要点和操作方法。

(5) 按照综采放顶煤工艺流程，模拟多工序交互协调作业，按照工作面端部斜切进刀，正常割煤、移架、推前刮板输送机、移架、液压支架放煤、拉后部刮板输送机的顺序，进行综采放顶煤正规循环作业实验，学习综采放顶煤工艺流程与方法、综采工作面采煤机端部斜切进刀、割三角煤、正常割煤、端部割煤的工艺技术，顶煤放出方式、制度和工艺技术方法，采煤、放煤各作业工种协调作业流程和关系。

仿真核心要素采煤机、放顶煤液压支架、刮板输送机等虚拟采煤设备的结构及作业动作，以及采煤机割煤、推前部刮板输送机、移架、放顶煤、拉后部刮板输送机等综采放顶煤工艺流程做到了具有完全真实感、实际设备功能、符合实际生产作业流程的准确仿真。

本项目对综采放顶煤技术及工艺进行全面系统仿真，主要包括 9 方面原理：

### (1) 矿井生产系统

煤矿地下开采需要从地表开凿井筒通至地下，掘进巷道，布置采区（盘区或带区）和采煤工作面，或直接就在大巷两侧布置采煤工作面采煤。采煤后的采空区需及时处理，采出的煤需要运输并提升至地面。为保证正常生产，必须要有完善的井下和地面生产系统，见图 1。

工业广场是连接煤矿井上下又为煤矿井上下服务的所有地面建筑设施。有储煤场、洗煤厂、装车线；有材料供应仓库、材料装车线；有降压站、配电站；有办公楼、职工宿舍、澡堂、食堂等。

采煤工作面是煤炭生产的基本生产单元。通常情况下，人员、设备及材料等通过副井、井底车场、运输大巷到达工作面。采煤工作面生产的煤炭经主运输系统运至地表。

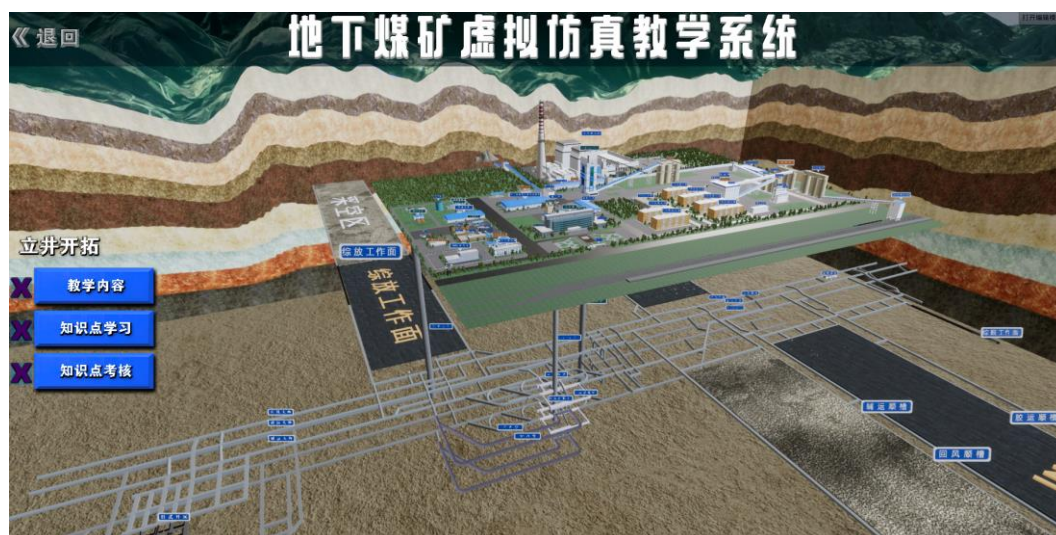


图 1 矿井生产系统

## (2) 综采放顶煤采煤方法及适用条件

通常情况下，在厚煤层中，沿煤层（或分段）底部布置一个采高 2~3m 的长壁工作面，用综合机械化采煤工艺进行回采，利用矿山压力的作用或辅以人工松动方法使支架上方的顶煤破碎成散体后由支架后方（或上方）放出，并予以回收。适用条件①煤层厚度以 8~10m 为佳。工作面采高与放顶煤厚度之比称为采放比。煤矿安全规程要求，采放比应控制在 1:1~1.3 之间。②顶煤的硬度系数一般应小于 3。③煤层埋深不宜小于 100m。④硬夹石层厚度不宜超过 0.4m，顶煤中夹石层厚度占煤层厚度的比例也不宜超过 10~

15%。⑤煤层节理裂隙发育。

### (3) 顶煤放出规律

顶煤只有在支架顶梁上部、中部或尾部完全变为松散破碎的煤块，才能从放煤口中放出。顶煤破碎是由于其承受的应力超过了本身强度。在工作面推进过程中，开采引起的支承压力、顶板回转和支架反复支撑使煤壁前方的顶煤由实体煤变为松散破碎煤块。而原岩应力和开采引起的支承压力是使顶煤破碎的主要动力。

如图 2 所示，按顶煤不同的稳定性，顶煤将在采空区边缘形成一个暂时相对稳定的固定帮，其高度为  $H$ ，并成为采空区松散煤矸运动时的约束边界，这将会改变顶煤的运动参数，也会改变放出体和松动体的形状，放出体实际上是一个偏转的椭球体。

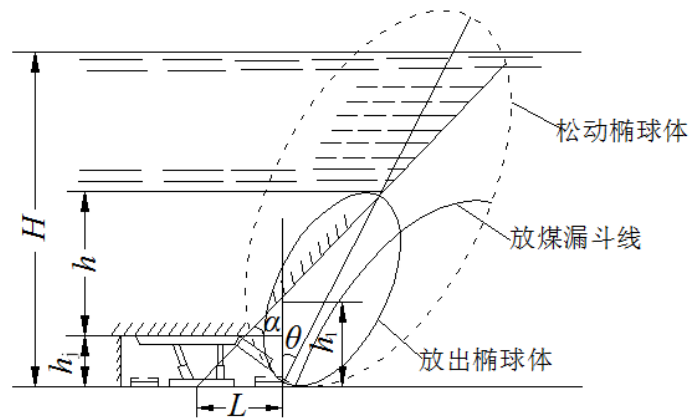


图 2 固定帮对放出椭球体的影响

$H$ —直接顶与煤层厚度之和； $h$ —放煤高度； $h_1$ —机采高度；

$L$ —放煤口中心与固定帮的水平距离； $\alpha$ —顶煤跨落角； $\theta$ —偏转角

在相同放出高度和放出口位置也相同的条件下，放出体体积将随着  $\alpha$  角的减小而减少。因此，适于采用放顶煤开采的煤层，其顶煤跨落角  $\alpha$  一般应大于  $45^\circ \sim 60^\circ$ 。当  $\alpha > 110^\circ$  时，放出煤量成为一个定值，顶煤跨落角不再影响放出量。

放煤口位置对放出体的影响是十分明显的，放煤口距固定帮的水平距离  $L$  越大，椭球体的缺损越小，放出体积越大，即每次放出的煤量越大。

当放煤厚度  $h$  小于固定帮最小极限影响厚度  $h_l (h_l = L \cdot \tan \alpha)$  时，放出椭

球体发育较完整，不受固定帮影响。从我国目前使用的中位或低位放顶煤液压支架的参数分析：当放煤厚度  $h < 3 \sim 5\text{m}$  时，中硬以下的顶煤放出椭球体参数大体上不受固定帮影响。

图 3 所示，在工作面推进方向上，两次放顶煤之间工作面的推进距离，称为循环放煤步距。

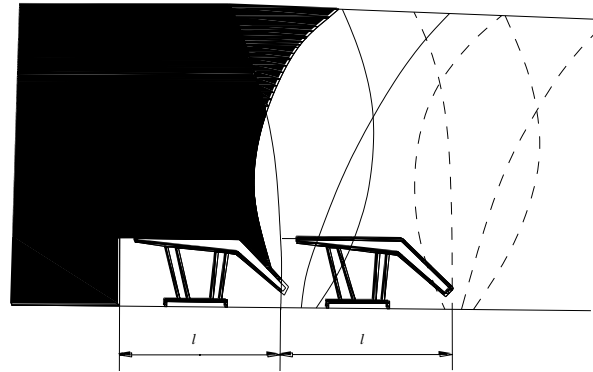


图 3 循环放煤步距示意图

$l$ —放煤步距

合理选择放煤步距，对于提高采出率、降低含矸率十分重要。它与顶煤厚度、松散程度和放煤口的位置有关，还与顶煤冒落时的垮落角有关，最佳的放煤步距应是顶煤垮落后能从放煤口全部放出的距离。合理的放煤步距应使顶煤上方的矸石与采空区后方的矸石同时到达放煤口，这样才能最大限度地放出顶煤。

综放工作面的放煤步距应与移架步距或采煤机截深成倍数关系，一般有一刀一放、两刀一放或三刀一放 3 种组合。一般情况下，顶煤厚度大时，放煤步距应大一些；反之，应取小值。

#### (4) 综采放顶煤工作面布置

综采放顶煤工作面的主要设备是采煤机、自移式放顶煤液压支架、可弯曲刮板输送机等，从而使采煤过程中破煤、放煤、装煤、运煤、支护和处理采空区等主要工序全部实现机械化。图 4 为综采放顶煤工作面布置图。

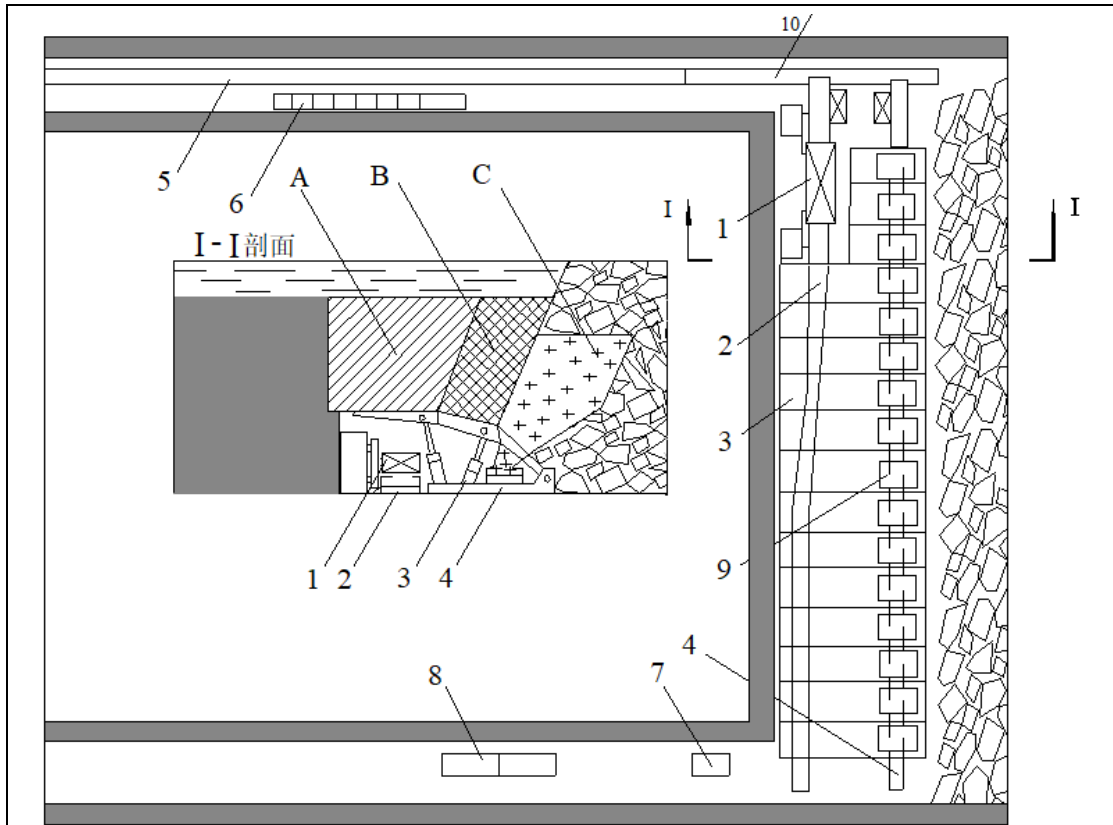


图4 综采放顶煤工作面布置

1-采煤机；2-前部输送机；3-放顶煤液压支架；4-后部输送机；5-平巷胶带输送机 6-配电设备；7-安全绞车；8-泵站；9-放煤窗口；10-转载机及破碎机；A—不充分破碎煤体；B—较充分破碎煤体；C—待放出煤体

回风平巷主要用来回风和运输物料。工作面安装采煤机、综采放顶煤支架和前、后部刮板输送机，下端头向外安装装载机及破碎机，运输平巷安装胶带输送机。前刮板输送机把采煤机割下的煤运输到运输平巷铺设的转载机上（前刮板输送机同时也是采煤机的运行轨道），后刮板输送机把支架后部放出的煤也运输到转载机上，由转载机转到胶带输送机。运输平巷铺设的胶带输送机把转载机转过来的煤运输到下巷外口的溜煤眼，由大巷胶带输送机运走。

#### (5) 综采放顶煤工艺流程

综采放顶煤的工艺流程包括采煤机割煤—拉移支架—推移前部刮板输送机—操纵支架尾梁及收缩插板放煤—拉移后部刮板输送机等，采煤机割下的煤由前部刮板输送机运出工作面，放出的顶煤经过后部刮板输送机运出工作面。

#### (6) 采煤机、刮板输送机及采煤机割煤

采煤机一般由截割部、装载部、行走部（牵引部）、电动机、操作控制系

统和辅助装置等部分组成。采煤机的工作方式一般为前滚筒右螺旋顺时针割顶煤，后滚筒左螺旋逆时针割底煤。

工作面可以采用采煤机双向割煤方式，也可以采用采煤机单向割煤方式。

前部可弯曲前刮板输送机同时也是采煤机的运行轨道。滚筒采煤机每割一刀煤之前，必须使其滚筒进入煤体壁，称为“进刀”。进刀是指滚筒切入煤壁，进入下一截深的切割作业。滚筒采煤机以刮板输送机为轨道，沿工作面运行割煤，通常的进刀方式为斜切进刀。

斜切进刀，指的是采煤机沿着刮板输送机弯曲段未推向煤壁的刮板输送机运行至推向煤壁的刮板输送机过程中切入煤壁，并与直线刮板输送机配合的截割作业。

端部斜切进刀，就是进刀位置或刮板输送机弯曲段设定在工作面上或下端部的进刀。端部斜切进刀的工作过程为：在工作面端部采煤机沿输送机弯曲段割入煤壁，直至刮板输送机直线段为止，然后将刮板输送机移直；调换两个滚筒上、下位置，采煤机重新返回割三角煤至输送机机头处，机身处留有一段底煤；再次调换滚筒上、下位置，将机身下的底煤割掉，煤壁割直后，上行正常割煤。

#### **(7) 顶煤放出方式及参数**

放顶煤工作面每一循环沿后部输送机进行的放煤顺序、次数、同时打开的放煤口数和放煤量的配合方式，称为放煤方式。

综放工作面每架支架均有一个放煤口，低位放顶煤支架为连续放煤口，中位和高位放顶煤支架为不连续放煤口。

相邻两放煤口放煤时，放煤口上部散体煤的放出椭球体、放出漏斗运动规律将互相影响，必然会在一定程度上影响煤炭采出率和含矸率；放煤方式不同，影响程度不同。

打开放煤口，一次将能放的煤全部放完，则称单轮放煤；每架支架的放煤口需打开多次才将顶煤放完的，则称多轮放煤。

放煤方式可分为顺序放煤和间隔放煤。顺序放煤，是指按支架排列顺序，如第1架、第2架、第3架…，依次打开放煤口放煤的方式；间隔放煤，是指按支架排列顺序每隔1架或多架，如第1架、第3架、第5架……，或第1架、

第 4 架、第 7 架……，依次打开放煤口放煤的方式。

① 单轮顺序放煤，是指从端头处可以放煤的第 1 架支架开始放煤，一直放到放煤口见矸，煤放完后关闭放煤口，再打开第 2 架支架的放煤口：以此类推。该放煤方式操作简单、容易掌，放煤速度较快。单轮顺序放煤的煤岩分界面变化如图 5 所示

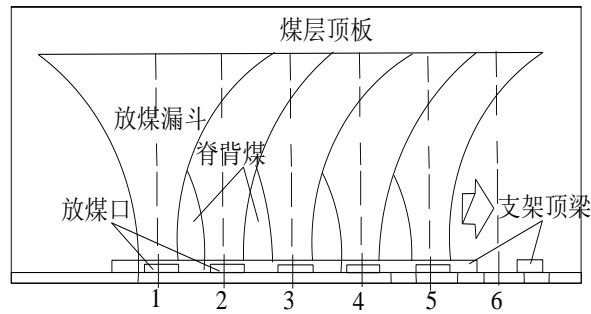


图 5 单轮顺序放煤煤岩分界面变化图

② 多轮顺序放煤，如图 6 所示，采用多轮顺序放煤方式，原始煤岩分界面在放煤过程中能均匀下降，第一放煤漏斗的矸石不会很快进入第二放煤口，可减少煤中混矸，也可在一定程度上提高顶煤的放出率。多轮顺序放煤的主要缺点是每个放煤口必须打开多次才能将煤放完，总的放煤速度较慢；其次，要求每次均匀放出顶煤的  $1/2$  或  $1/3$ ，操作上难以掌握，若放煤不均匀，煤岩分界面下降就不均匀，这样就会增加混矸。

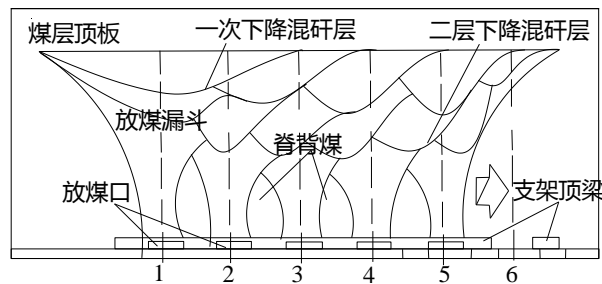


图 6 多轮顺序放煤煤岩分界面变化图

③ 单轮间隔放煤，是指间隔一架或多架支架打开一个放煤口，每个放煤口一次放完，如图 7 所示。该放煤方式扩大了放煤间隔，可避免邻近放煤漏斗中矸石进入放煤口，以减少混矸。

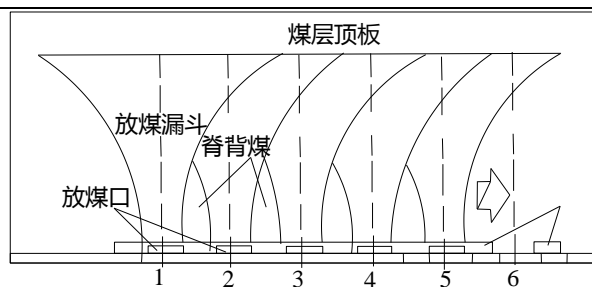


图 7 单轮间隔放煤煤岩分界面变化图

单轮间隔放煤便于增加出煤点和多口放煤，可提高工作面产量和加快放煤速度。现场对单轮顺序放煤和单轮间隔放煤进行了大量试验，对比分析后认为：从两种放方式的平均单口放出率看，在不考虑窜矸情况下，单轮间隔放煤的放煤效果比较理想，其平均顶煤回收率较单轮顺序放煤高 4%~6%：从工作组织看，由于放煤时间远长于割煤时间因此提高工作面工效的最有效途径即缩短放煤时间。单轮顺序放煤每次只有一个放煤口在工作，不能有效发挥放顶煤开采的优势，在后部输送机运输能力满足条件下，单轮间隔数可以同时安排两个甚至更多的放煤口同时作业，从而可缩短整个工作面放煤时间、提高设备开机率，从而达到高产高效目的。

放顶煤作业见矸关闭之后，拉后部刮板输送机。

#### (8) 放顶煤液压支架及移架作业

根据放顶煤支架形式不同，主要有高位、中位和低位 3 种形式。高位即在支架主顶梁开天窗放煤，中位即在支架掩护梁开窗放煤，低位即在支架尾梁安设插板，通过摆动尾梁和伸缩插板放煤。双输送机低位放顶煤支架是目前现场主要使用的支架，其主要优点是顶梁较长，一般有铰接前梁、伸缩梁和护帮版板，控顶距大，可提高冒放性，有利于中硬顶煤破碎。使用插板机构低位放顶煤，后输送机铺在地板底板上，使放煤口加大且位置降低，能够最大限度地回收顶煤，采出率高，放煤时煤尘小。

在采煤机落煤后，距后滚筒 5m 后及时追机移架后推前刮板输送机，推前部前刮板输送机要保证足够截深，弯曲长度一般大于 15m。移架滞后采煤机最大距离不大于 15 架。移架后必须及时伸出支架伸缩梁、护帮板，有效控制顶板和煤墙壁，保持顶板完整和全封闭顶板管理。

### (9) 综采放顶煤工艺循环过程

综采放顶煤工作面以采煤机割煤为中心，从进刀割煤、移架、推前部刮板输送机、放顶煤、拉后部刮板输送机，在完成全部工序到再次进刀割煤时，为一个正规作业循环。以下为采煤机端部斜切进刀，采用一刀一放的作业方式的一个工艺循环过程。

第一阶段，采煤机斜切进刀割煤阶段。采煤机在工作面端部斜切进刀割煤，见图 8-A，进刀后推移前部刮板输送机，直到刮板输送机沿煤壁直线推平，见图 8-B，采煤机返回割端部留下的三角煤。煤壁割直后，上行正常割煤，见图 8-C。

第二阶段，采煤机正常前行割煤，后滚筒割底煤，前滚筒割顶煤；滞后采煤机 15m 自上而下液压支架跟机移架，推移前部刮板输送机，按照放煤规程和工作参数打开放煤口放顶煤，当有矸石落下时关闭放煤口，放煤完毕后拉后部刮板输送机，采放作业协调进行，见图 8-C。

第三阶段，行至工作面刮板输送机机头部割通端部煤壁，采煤机回返，降下右滚筒割完端部底煤。采煤机再次准备进刀，进入下一个采放作业循环，见图 8-E。

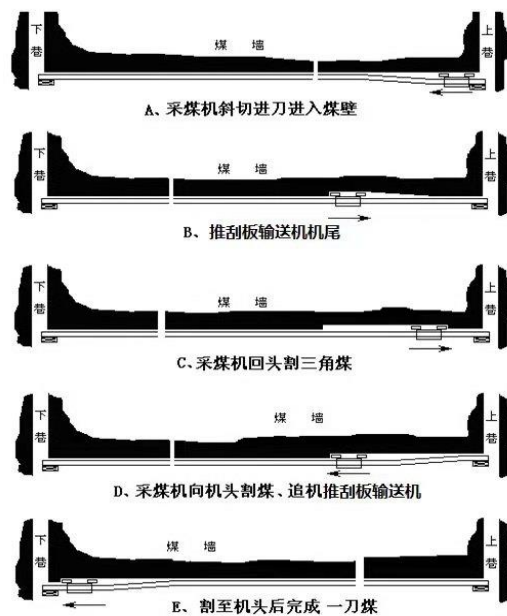


图 8 综放工作面作业循环过程

知识点：共 6 个

<p>(1) 矿井生产系统构成。</p> <p>(2) 综采放顶煤采煤方法及适用条件。</p> <p>(3) 综采放顶煤工作面采煤设备的结构组成、工作原理、配套关系及操作方法。</p> <p>(4) 采煤机割煤工艺及方式。</p> <p>(5) 顶煤放出规律、放煤方式及工艺。</p> <p>(6) 综采放顶煤工艺流程和工艺循环过程。</p>
<p><b>2-5 实验仪器设备（装置或软件等）</b></p> <p>(1) 实验设备：120° 环形屏幕，3D 投影系统、3D 眼镜、VR 头盔、VR 手柄、网服务器、计算机、音响等。</p> <p>(2) 虚拟设备：MGTY250/600-1.1D 型电牵引采煤机、ZFS6000/17/33 低位放顶煤液压支架、液压支架、SGZ-830/800 刮板输送机、SZZ-800/315 转载机、PCM-160 破碎机、SSJ1200/2×250 带式输送机、ZT133200/19/35 端头液压支架等。</p> <p>(3) 虚拟矿井工业广场及井下巷道系统。</p> <p>(4) 虚拟综采放顶煤工作面系统。</p>
<p><b>2-6 实验材料（或预设参数等）</b></p> <p>模拟矿井采用立井单水平开拓方式，在井田中部开掘主、副立井后开掘井底车场和主石门，在煤层地板岩层中开掘主要运输大巷并向井田两翼延伸，当运输大巷掘至各采区下部边界中部时开掘采区运输石门，在开掘的各井巷内安装相应的设备，形成生产系统。</p> <p>以现代化真实矿井特厚煤层综放工作面为依托构造虚拟仿真综采放顶煤工作面及生产工艺系统。沿煤层底板布置长度为 200m，采高 3m，煤层厚度为 9m，煤的硬度系数为 2.1，煤层倾角 3° 的放顶煤工作面；采用双滚筒采煤机割煤，采煤机采高范围为 1.8~4m，截深 0.8m；采用低位放顶煤液压支架放煤，支架支护强度为 0.8Mpa，适用于煤层厚度为 6~10m 的煤层；采用前后两部刮板输送机运煤，设计长度为 200m，刮板链速为 1.3m/s；采煤机进刀方式为端部斜切进刀，放煤方式采用单轮间隔放煤，放煤步距为 0.8m，采放比为 1:2。</p>

工作面主要设备及其参数见表 1。

表 1 综采放顶煤工作面主要采煤设备

项目	单位	技术特征	
采煤机	型号	MGTY250/600-1.1D	
	采高	mm	2000~3500
	滚筒直径	mm	1600
	截深	mm	800
	供电电压	V	3300
	装机功率	KW	600
	牵引速度	m/min	0-7-12
放顶煤液压支架	型号	ZFS6000/17/33	
	高度	mm	1700~3300
	工作阻力	kN	6000
	支护强度	MPa	0.8
	供电电压	V	1140
前部刮板输送机	型号	SGZ-830/800	
	运输能力	t/h	1200
	链速	m/s	1.3
	供电电压	V	1140
	装机功率	kW	2×200
后部刮板输送机	型号	SGZ-830/800	
	运输能力	t/h	1200
	链速	m/s	1.3
	供电电压	V	1140
	装机功率	kW	2×200
转载机	型号	SZZ-800/315	
	功率	KW	315
	供电电压	V	1140
	链速	m/s	1.54
	运输能力	t/h	1800
破碎机	型号	PCM-160	
	功率	KW	160
	供电电压	V	1140
	工作能力	t/h	2000

带式输送机	型号		SSJ1200/2×250
	带宽	mm	1200
	带速	m/s	3.15
	运输能力	t/h	1500
	电机功率	KW	2×250
	供电电压	V	3300
端头液压支架	型号		ZT83200/19/35
	高度	mm	1700-3300
	工作阻力		11260
	支护强度	MPa	0.58
	初撑力	kN	10128
	供电电压	V	1140

**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

为克服实验室和现代化真实矿井无法提供相应的采煤方法及工艺的试验条件的困难，采用先进的虚拟仿真技术和教学理念，构建综采放顶煤虚拟仿真教学实验平台。

“综采放顶煤虚拟仿真教学实验”通过沉浸式显示和交互式操作实验平台引导学生完成综采放顶煤技术工艺实验。充分利用虚拟仿真教学技术优势，设计并实现了丰富系统的实验内容，包括：

- ① 引导学生认知井下综采放顶煤工作面真实作业环境；
- ② 通过交互操作和动态拆解综采放顶煤工作面采煤设备，学习综采放顶煤工作面采煤设备的结构、工作原理、操作方法；
- ③ 进行工作面作业现场采煤机割煤、推刮板输送机、移架、液压支架放煤等工艺操作实践，掌握综放工艺各项工序技术要点和操作方法；
- ④ 交互操作采煤机、放顶煤液压支架等设备模拟综采放顶煤工艺循环过程，掌握综采放顶煤综合工艺知识和技术要点、多工种协调作业组织能力。
- ⑤ 把课堂综放理论学习、实验室顶煤冒放性等工艺参数优化实验和综采放顶煤虚拟仿真工艺实践教学结合起来，形成系统的教学方法。

通过多层次、多结构、多角度体系化的实验内容，帮助学生系统全面的掌握综采放顶煤的技术知识,提高现场实践、组织管理能力和科技创新能力。

## (2) 使用目的

① 为学生提供比实验室和现代化矿井现场更为丰富、系统的实验内容，帮助学生从矿井生产系统、生产设备、工艺操作训练、综放工艺过程及作业循环等方面系统学习，多层次多角度系统掌握综放开采知识。

② 改变教师传统的注入式教学方式，强调“以学生为中心”的实验教学理念，将学习资源开放，学习空间开放，以学生自己学习为主，教师指导为辅，教师尊重学生的想法，鼓励、引导学生主动学习，教师与学生融合成一体，共同完成实验项目而使使学生获取知识和技能。

③ 通过课堂综放理论教学、实验室工艺参数优化试验和虚拟仿真实验实践教学相结合，提高学生理论联系实际、现场实践和组织管理能力、科技创新能力。

④ 为学生提供先进的虚拟仿真教学手段和方法，提高学生兴趣和学习效果。

## (3) 实施过程

虚拟仿真平台上共设置三大模块，学生选课、理论测试、虚拟实验见图 9。

学生选课：学生首选通过选课界面选择自己要进行的实验内容，同时可以查看已选课程；

理论测试：学生选课后进行理论知识测试，确定是否掌握实验所需的理论知识；

虚拟实验：理论测试通过后，进入实验系统，在进行实验前观看学习视频，随后根据实验内容进行操作；

实验考核：通过考核界面进行考试，考核结束后系统自动给出分数；

实验报告：考核完成后，需撰写实验报告，包括实验目的、原理、实验数据处理和结果、实验结论以及对该实验设计的评价和建议，提交给老师评阅。



图 9 综采放顶煤虚拟仿真实验网络平台

#### (4) 实施效果

2018 年 10 月，在本校展开了该实验项目的教学，服务学生人次总共 2000 余次。

“综采放顶煤虚拟仿真教学实验”以先进仿真技术为支撑，提供了沉浸感知、观摩学习和交互操作的教学手段，有助于理论联系实际、理论联系实践，提高学生兴趣，有助于综采放顶煤相关知识的系统掌握、有助于现场实践能力、生产组织管理能力和科技创新能力的提高。

“综采放顶煤虚拟仿真教学实验”通过丰富系统的实验内容和先进的虚拟仿真教学手段，开拓了学生创新思维能力，所学的知识运用到真实的矿井实习实践中去，知行合一。学生通过完成教学项目，能有效调动学习的积极性，既巩固理论学习知识，又掌握实践技能，能够充分发掘学生的创造潜能，提高了学生解决实际问题的综合能力。

“综采放顶煤虚拟仿真教学实验”的实施，解决了实验室和现代化矿井现场无法解决的教学难题，显著提升了教学质量和教学水平。

综采放顶煤虚拟仿真教学实验软件已与新疆工程学院矿业工程与地质学院采矿工程专业共享，为西部高校建设提供帮助。

## 2-8 实验方法与步骤要求（学生交互性操作步骤应不少于 10 步）

### (1) 实验方法描述：

实验项目依据三维模拟仿真技术，还原了大型煤矿的工业广场和井下真实的生产环境等场景，通过构建综采放顶煤工作面生产系统，来模拟工作面采煤机的割煤、推刮板输送机、移架、液压支架放煤的整个作业过程，引导学生在对采煤设备结构、性能及操作方法了解基础上，按照作业规程和工艺参数，操作采煤设备进行割煤、放煤作业，掌握综采放顶煤工艺流程和技术要点。

本实验由场景认知、设备学习、综放工艺、实验考核 4 个部分, 29 个步骤组成，见图 10。

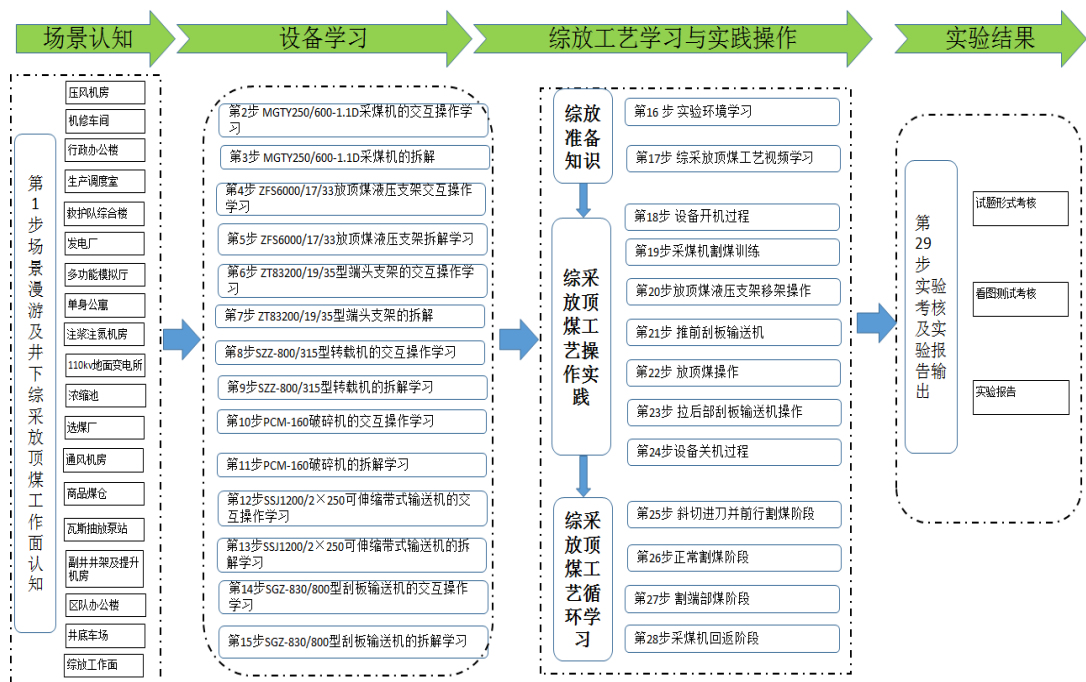


图 10 虚拟仿真实验内容及过程

场景认知部分：主要了解工业广场、井巷构成和井下综采放顶煤工作面基本开采条件和设备布置情况。

设备学习部分，通过对采煤机、放顶煤液压支架、刮板输送机、转载机、破碎机等采煤设备的交互操作和结构拆解，学习采煤设备的结构、工作原理和操作方法。

综放工艺部分，首先在虚拟综采放顶煤工作面环境下，逐一进行采煤机割煤、放顶煤液压支架移架、推刮板版输送机、放顶煤、拉后部刮板输送机等作

业的操作实践训练，接下来，以采煤机割煤为中心，交互操作采煤机、放顶煤液压支架等采煤设备模拟综采放顶煤工艺循环过程，系统学习综采放顶煤工艺知识和技术要点。

考核部分，系统出题对学生学习知识进行考核，并生成实验报告。

(2) 学生交互性操作步骤说明：

### (一) 场景认知

#### 步骤 1 场景漫游及井下综采放顶煤工作面认知

模拟矿井采用立井单水平开拓方式，在井田中部开掘主、副立井后开掘井底车场和主石门，在煤层地板岩层中开掘主要运输大巷并向井田两翼延伸，当运输大巷掘至各采区下部边界中部时开掘采区运输石门，在开掘的各井巷内安装相应的设备，形成生产系统。

学生漫游工业广场，学习工业广场建筑物构成。工业广场是连接煤矿井下又为煤矿井上下服务的所有地面建筑设施。工业广场布置按功能划分可分为生产区、辅助生产区和行政福利区，包括行政办公楼、生产调度室、救护队综合楼、多功能模拟厅、110kv 地面变电所、供水房、清水池、通风机房、瓦斯抽放泵站、10kv 变电站、机修车间、火力发电站、瓦斯发电站机房、浓缩池、地销仓、商品煤仓、选煤厂、单身公寓、区队办公楼。见图 11。



图 11 地面工业广场

行政办公楼：用于各个科室办公的地方，包括安全矿长办公室、生产矿长办公室、机电矿长办公室、生产技术科、企管科、机电科、通风科、地测科、安检科、综合办公室、调度室、劳资科、政工部、工会、培训中心、信息中心

等，见图 12。

压风机房：压风机房有空气压缩机、供井下气动工具用的气源、井下自救装置的氧气源、各种气动阀门的动力源，见图 13。



图 12 行政办公楼



图 13 压风机房

通风机房：通风机房是负责全矿井通风的主要设施。主要包括：通风机、风硐、防爆门（防爆井盖）、扩散器（扩散塔）、反风装置。矿井必须安装两套同等能力的主要通风装置，见图 14。

注浆注氮机房：煤矿井下发生火灾时，从地面将浆液或氮气注入井下进行灭火。另外，可以将浆液或氮气提前注入到井下火灾隐患区进行防火，见图 15。



图 14 通风机房



图 15 注浆注氮机房

机修车间：对煤矿生产所需的设备进行检查维修的工作地，见图 16。

发电厂：为整个矿区甚至更大范围供电，见图 17。

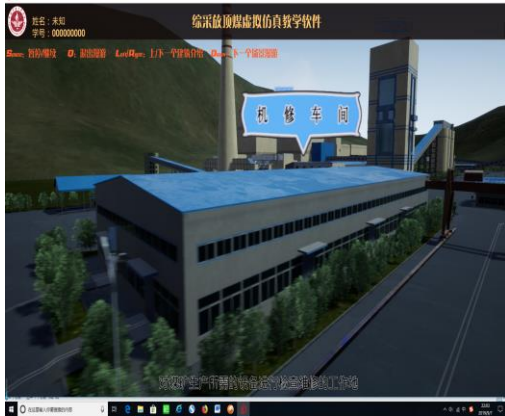


图 16 机修车间



图 17 发电厂

选煤厂：选煤厂是对煤炭进行分选，除去原煤中的矿物杂质，把它分成不同规格产品的煤炭加工厂，见图 18。

商品煤仓：对筛选好的各种商品煤进行储存的地方。

副井井架及提升机房：副井井架主要是为副井服务的建筑物。机房内有提升绞车、司机操作台、液压站、配电设备及电控、摩擦式提升机罐笼等，见图 19。



图 18 选煤厂



图 19 副井井架及提升机房

罐笼一般用于矿井的副井提升，作提升人员、矸石、设备、材料等用。罐笼的两端设有帘式罐门，罐笼通过悬挂板和钢丝绳悬挂装置的双面夹紧楔型绳环与提升绳相连。近年来，随着无轨胶轮设备的广泛应用，为便于大型胶轮运输设备的提升，副井罐笼往往分设大、小两个罐笼，分别用于提升设备和人员，见图 20。

井底车场是指连接矿井主要提升井筒和井下主要运输和通风巷道的若干

巷道和硐室的总称，见图 21。它联系着井筒提升和井下运输两大生产环节，是井下运输的总枢纽站。在井底车场结构中，除主要运输线路和辅助线路外，为满足生产管理和安全方面的需要，还设置了若干形状不同、结构各异的硐室。按它们在井底车场中所处的位置和用途的不同，硐室可分为主井系统硐室（卸载硐室、煤仓、箕斗硐室等）、副井系统硐室（马头门、中央水泵房及中央变电站、管子道、水仓、等候室等）以及其他硐室（调度室、电机车库及电机车修理间硐室、防火门硐室）。由于井筒形式、提升方式、大巷运输方式的不同，井底车场形式也各不相同。根据矿车在车场内运行的特点，井底车场可分为环行式和折返式两大类。

井底车场是指连接矿井主要提升井筒和井下主要运输和通风巷道的若干巷道和硐室的总称。它联系着井筒提升和井下运输两大生产环节，是井下运输的总枢纽站。在井底车场结构中，除主要运输线路和辅助线路外，为满足生产管理和安全方面的需要，还设置了若干形状不同、结构各异的硐室。按其在井底车场中所处的位置和用途的不同，硐室可分为主井系统硐室（卸载硐室、煤仓、箕斗硐室等）、副井系统硐室（马头门、中央水泵房及中央变电站、管子道、水仓、等候室等）以及其他硐室（调度室、电机车库及电机车修理间硐室、防火门硐室）。由于井筒形式、提升方式、大巷运输方式的不同，井底车场形式也各不相同。根据矿车在车场内运行的特点，井底车场可分为环行式和折返式两大类。



图 20 乘罐笼下井

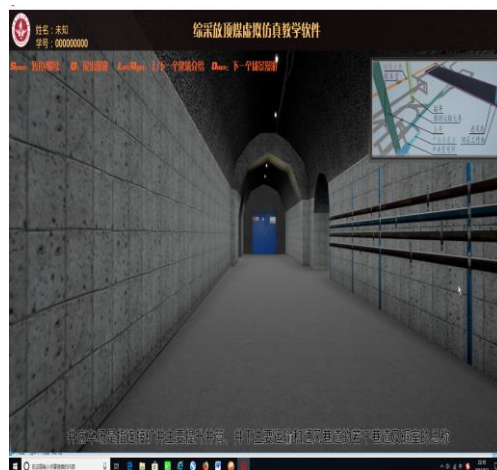


图 21 井底车场

阶段大巷包括运输大巷、辅助运输大巷和回风大巷，一般均沿岩层走向布置。运输大巷安装胶带输送机，主要担负运煤任务；辅助运输大巷可采用轨道运输或无轨运输，主要承担进风、材料和人员运输任务；回风大巷负责回风任务。

学生经副井罐笼下井，经由井底车场，乘坐胶轮无轨运输车沿巷道前往综采放顶煤工作面，了解综采放顶煤工作面的作业环境，见图 22、图 23。

综采放顶煤工作面的采煤设备主要有：MGTY250/600-1.1D 型电牵引采煤机、ZFS6000/17/33 低位放顶煤液压支架、液压支架、SGZ-830/800 刮板输送机、SZZ-800/315 转载机、PCM-160 破碎机、SSJ1200/2×250 带式输送机、ZT133200/19/35 端头液压支架等。

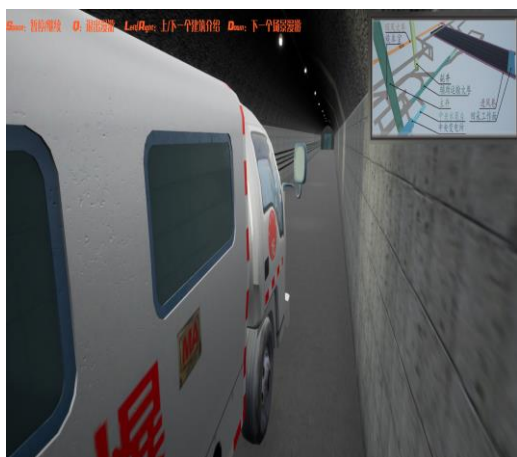


图 22 前往工作面

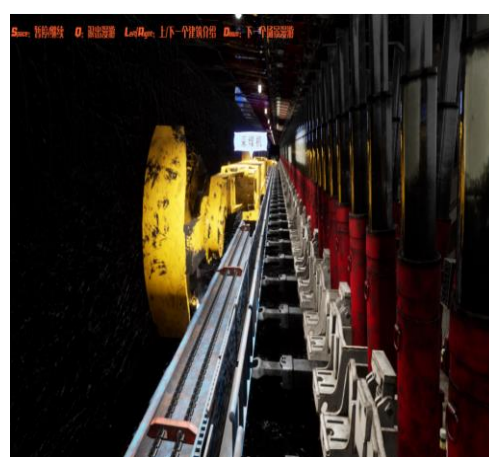


图 23 综采放顶煤工作面

## (二)设备学习

通过拆解和交互操作，学习综采放顶煤工作面选用采煤机、放顶煤液压支架、端头支架、转载机、破碎机、带式输送机、刮板输送机的结构组成和工作原理。

### 步骤 2 MGTY250/600-1.1D 采煤机的交互操作学习

MGTY250/600-1.1D 电牵引采煤机，是一种多电机驱动、横向抽屉式布置，采用机载式交流变频调速装置的新型电牵引采煤机。主要适用于采高 1.8~4.05 米，倾角 $\leq 35^\circ$ ，煤质中硬以上，含有少量夹矸的长臂式工作面。采煤机的截割摇臂用销轴与牵引部联接，左、右牵引部及中间箱，采用高强度液压螺栓联接，两端设有电控端头操作箱，控制采煤机左右摇臂的升降及采煤机停

机，中间设有电控操作按钮和液压调高把手。

采煤机的主要机械控制交互操作包括：左右摇臂的上升、下降，左右滚筒的截割，左右挡煤板的旋转，左右牵引行走，行走加减速等。采煤机的交互操作界面如图 24 所示。

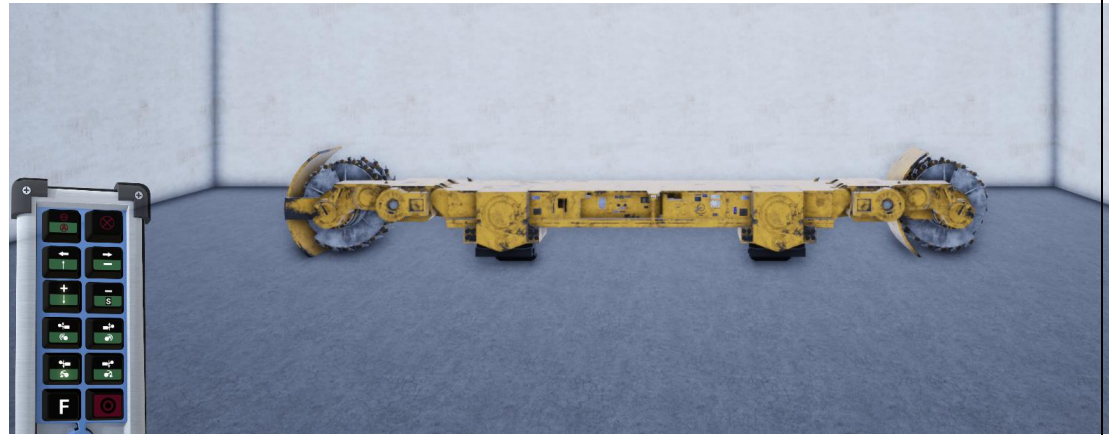


图 24 采煤机交互操作

### 步骤 3 MGTY250/600-1.1D 采煤机的拆解学习

根据采煤机的机械结构特点与操作方式，按照树形层级结构进行拆解学习。采煤机的一级拆解结构为：左截割部、机身、右截割部。左、右截割部又可进行二级拆解，可拆解为：滚筒、滚筒挡煤板、摇臂、液压油缸等。采煤机的拆解结构如图 25 所示。

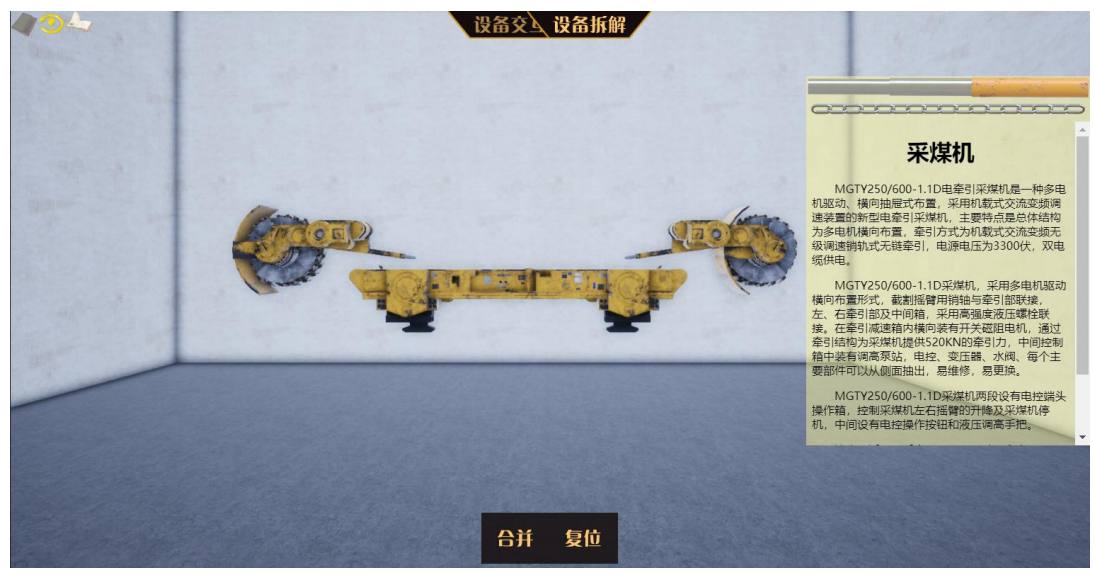




图 25 采煤机拆解结构

#### 步骤 4 ZFS6000/17/33 放顶煤液压支架交互操作学习

ZFS6000/17/33 液压支架主要适用于煤层厚度 4.49~7.17m，煤层倾角小于 7°，顶底板结构松软，吸水易软化，强度较低的开采条件。液压支架的前连杆采用双连杆，大大提高了抗扭能力。后部输送机过煤高度高，增加了大块煤的运输能力，尾梁部分采用小尾梁-插板机构，尾梁-插板运动结构选用 V 型槽结构，运动灵活，尾梁上下回转角度大，增加了对煤块的破碎能力。

液压支架的主要机械控制交互包括：立柱的升降，前探梁的伸展与收缩，前护板的展开与收起，尾梁插板的伸展与收缩等。放顶煤液压支架的交互操作界面如图 26 所示。

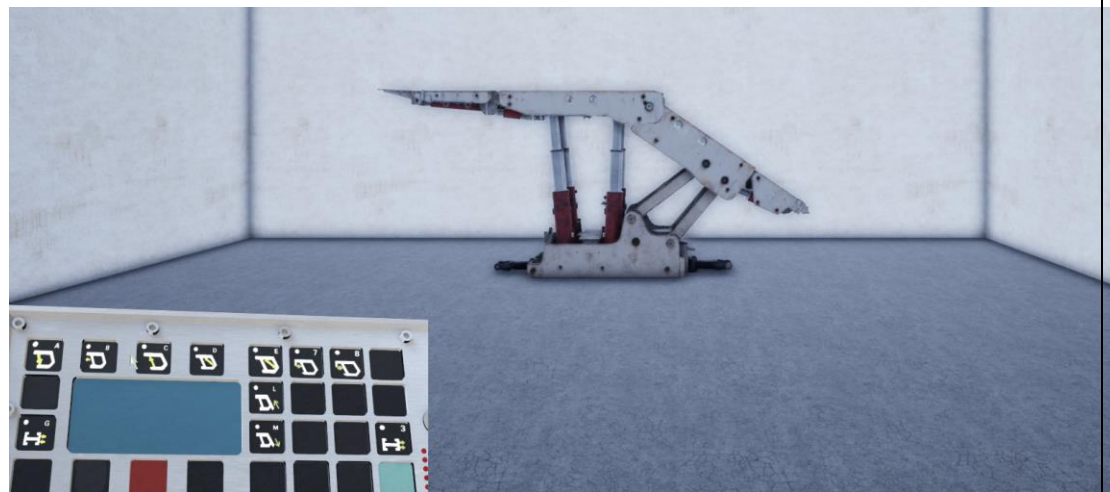


图 26 放顶煤液压支架交互操作

## 步骤 5 ZFS6000/17/33 放顶煤液压支架拆解学习

ZFS6000/17/33 放顶煤液压支架主要由护帮板、前梁、顶梁、掩护梁、尾梁、插板、前后连杆、底座、液压元件等组成, 见图 27。





图 27 放顶煤液压支架拆解结构

### 步骤 6 ZT83200/19/35 型端头支架的交互操作学习

ZT83200/19/35 型端头支架适用于矩形断面、高度 1.9~3.5m 的巷道。端头支架主要用于支护工作面下出口顶板，随着工作面向前推移，它能够推移输送机及转载机，实现工作面的连续生产。

ZT83200/19/35 端头支架的主要交互操作包括：立柱升降，连杆的推、拉，前展板的伸展与收回。端头支架的交互操作界面如图 28 所示。



图 28 端头支架交互操作

### 步骤 7 ZT83200/19/35 型端头支架的拆解

端头支架主要由顶梁、立柱、连杆、尾梁、液压机构等组成。端头支架的

拆解结构如图 29 所示。

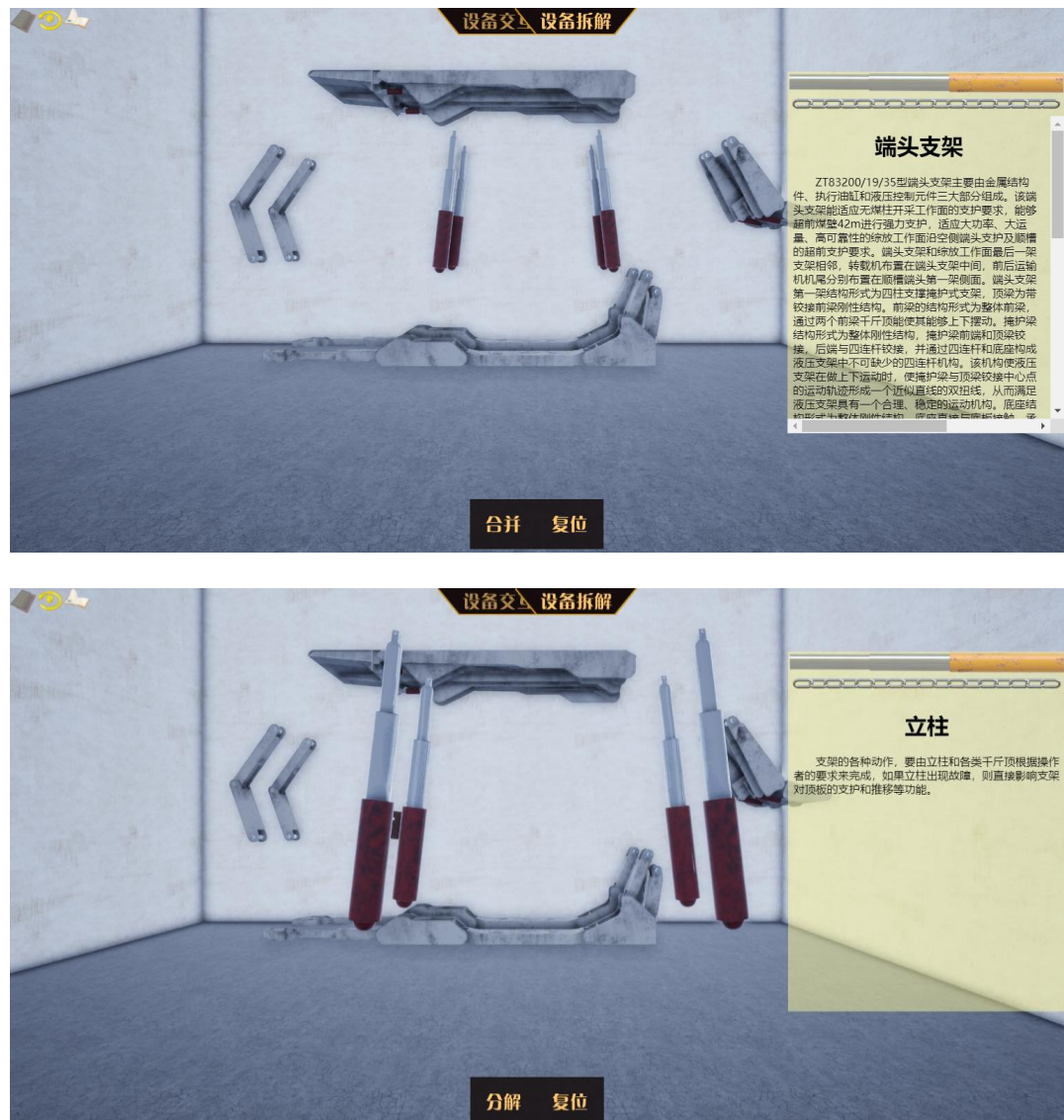


图 29 端头支架拆解结构

### 步骤 8 SZZ-800/315 型转载机的交互操作学习

SZZ-800/315 型转载机用于工作面顺槽转载输送煤炭，使用时将转载机的机头搭接在带式输送机的自移机尾上作整体运动，从而使转载机随带式输送机的推移步距作整体调整，煤经由转载机转载到可伸缩带式输送机上运走。

SZZ-800/315 型转载机的机械交互操作包括：开关机，开停喷雾，开停报警。转载机的交互操作界面如图 30 所示。



图 30 转载机交互操作

### 步骤 9 SZZ-800/315 型转载机的拆解学习

SZZ-800/315 型转载机转载机按照其运转和搭载特点，要求机头传动部相对带式输送机机尾可左右摆动，上下转动，从而能在一定程度上适应顺槽底板起伏。其拆解结构可以分为：机头部、车架、机身、机尾等部分。转载机拆解结构如图 31 所示。



图 31 转载机拆解结构

### 步骤 10 PCM-160 破碎机的交互操作学习

PCM-160 顺槽用破碎机。它需安装在转载机落地段固定位置，在转载机输送煤炭过程中，由破碎轴带动破碎锤头高速旋转，冲击、截割大块煤炭，使大块煤轧碎成所需的块度，可调整煤粒度为 300~150mm。

PCM-160 顺槽用破碎机的机械交互操作包括：开关机，开停喷雾，开停报警。破碎机的交互操作界面如图 32 所示。



图 32 破碎机交互操作

### 步骤 11 PCM-160 破碎机的拆解学习

PCM-160 顺槽用破碎机按照破碎方式和搭载特点，可以拆解为：破碎箱、破碎轴、破碎底槽、入口架、动力部等部分。破碎机拆解结构如图 33 所示。



图 33 破碎机拆解结构

### 步骤 12 SSJ1200/2×250 可伸缩带式输送机的交互操作学习

SSJ1200/2×250 可伸缩带式输送机，主要用于采区工作面的顺槽运输和盘区运输。它适用于坡度不大于 $\pm 1^\circ$ ，输送能力 1500t/h，运输长度 $< 1000\text{m}$ 的工作条件。

SSJ1200/2×250 可伸缩带式输送机的机械操作包括：开关机，开停喷雾，开停报警。交互操作界面如图 34 所示。



图 34 带式输送机交互操作

### 步骤 13 SSJ1200/2×250 可伸缩带式输送机的拆解学习

SSJ1200/2×250 可伸缩带式输送机分为固定和非固定两部分。固定部分由机头驱动装置、贮带装置等组成，非固定部分由无螺栓连接的快速拆装支架、机尾等组成。带式输送机拆解结构如图 35 所示。

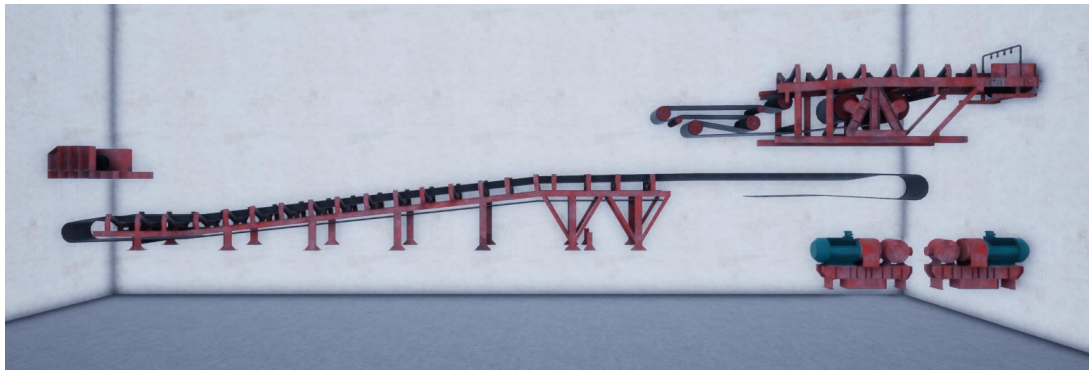


图 35 带式输送机拆解结构

### 步骤 14 SGZ-830/800 型刮板输送机的交互操作学习

SGZ-830/800 型刮板输送机，总装功率为 800kw，适用于 15° 以下的缓倾斜中厚煤层、厚煤层长臂式日产万吨以上的回采工作面。其结构特征为：双速电机驱动、端卸机头、液压锁伸缩机尾，1500mm 长铸焊封底中部槽，126mm 节距锻造销轨，42×146mm 中双链，42×146mm 链轮组件，4000kN 中部哑铃联接。

SGZ-830/800 型刮板输送机的机械操作包括：开关机，开停喷雾，开停报警。交互操作界面如图 36 所示。

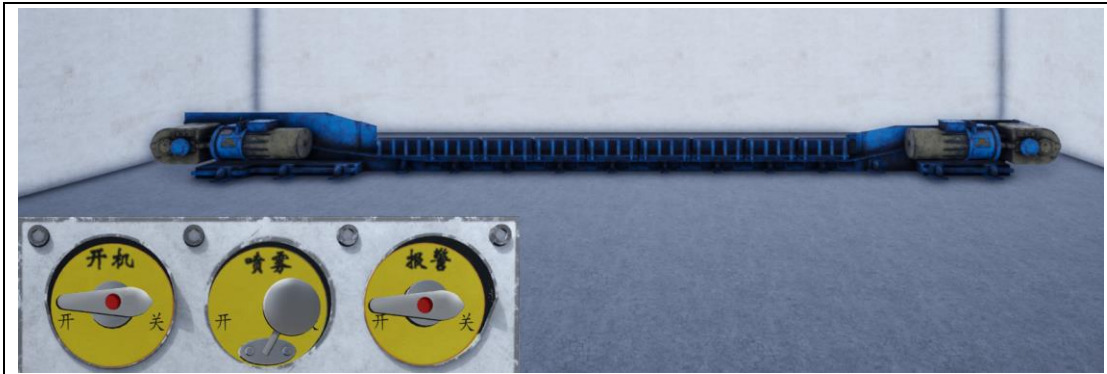


图 36 刮板输送机交互操作

### 步骤 15 SGZ-830/800 型刮板输送机的拆解学习

SGZ-830/800 型刮板输送机按照结构特征，可以拆解为机头传动部、中间部、机尾三部分。机头传动部主要由电动机、减速器、连接罩、机头架、链轮等组成。中间部由过渡槽、中部槽、链条和刮板等组成。机尾主要由传动装置、机尾架、伸缩油缸、链轮组件等组成，机尾是刮板链运行时的返回导向装置。刮板输送机拆解结构如图 37 所示。





图 37 刮板输送机拆解结构

### （三）综放工艺学习

综放工艺学习部分主要包括实验环境、工艺视频、工艺实践、综放工艺循环这四个组成部分。

综放工艺学习实现以下实验目的：

- (1) 学习综采放顶煤工艺流程与方法。
- (2) 掌握综放工作面采煤机割煤、液压支架移架、推刮板输送机、放顶煤、拉后部刮板输送机的操作方法。
- (3) 学习综采工作面采煤机端部斜切进刀、割三角煤、正常割煤、端部割煤的工艺技术。
- (4) 学习顶煤放出方式、制度和工艺技术方法。
- (5) 学习采煤、放煤各作业工种协调作业流程和关系。
- (6) 提高学生综采放顶煤现场生产组织管理能力。

#### 步骤 16 实验环境学习

学习虚拟综采放顶煤工作面的开采条件和工作面布置参数及综放工艺参数。以现代化真实矿井特厚煤层综放工作面为依托构造虚拟仿真综采放顶煤工作面生产系统。沿煤层底板布置长度为 200m，采高 3m，煤层厚度为 9m，煤的硬度系数为 2.1，煤层倾角 3° 的放顶煤工作面；采用双滚筒采煤机割煤，采煤机采高范围为 1.8~4m，截深 0.8m；采用低位放顶煤液压支架放煤，支架支护

强度为 0.8Mpa，适用于煤层厚度为 6~10m 的煤层；采用前后两部刮板输送机运煤，设计长度为 200m，刮板链速为 1.3m/s；采煤机进刀方式为端部斜切进刀，放煤方式采用单轮间隔放煤，放煤步距为 0.8m，采放比为 1:2。

工作面设备系统由 MGTY250/600-1.1D 型电牵引采煤机、ZFS6000/17/33 低位放顶煤液压支架、液压支架、SGZ-830/800 刮板输送机、SZZ-800/315 转载机、PCM-160 破碎机、SSJ1200/2×250 带式输送机、ZT133200/19/35 端头液压支架等组成。见图 38。

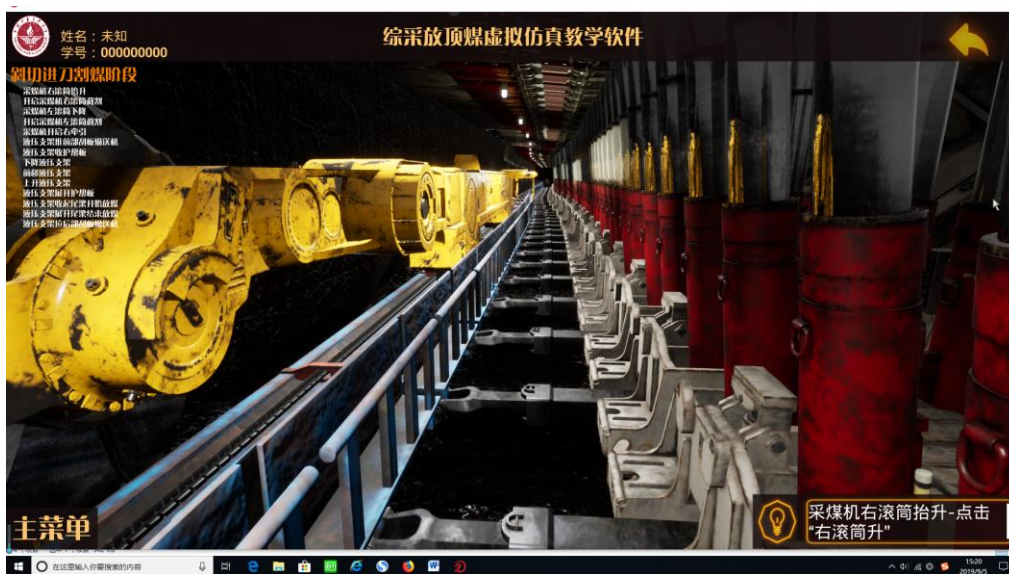


图 38 虚拟综采放顶煤工作面系统

### 步骤 17 综采放顶煤工艺视频学习

通过综采放顶煤视频，学习综采放顶煤整体工艺循环过程，获得工艺整体认识，如图 39 所示。



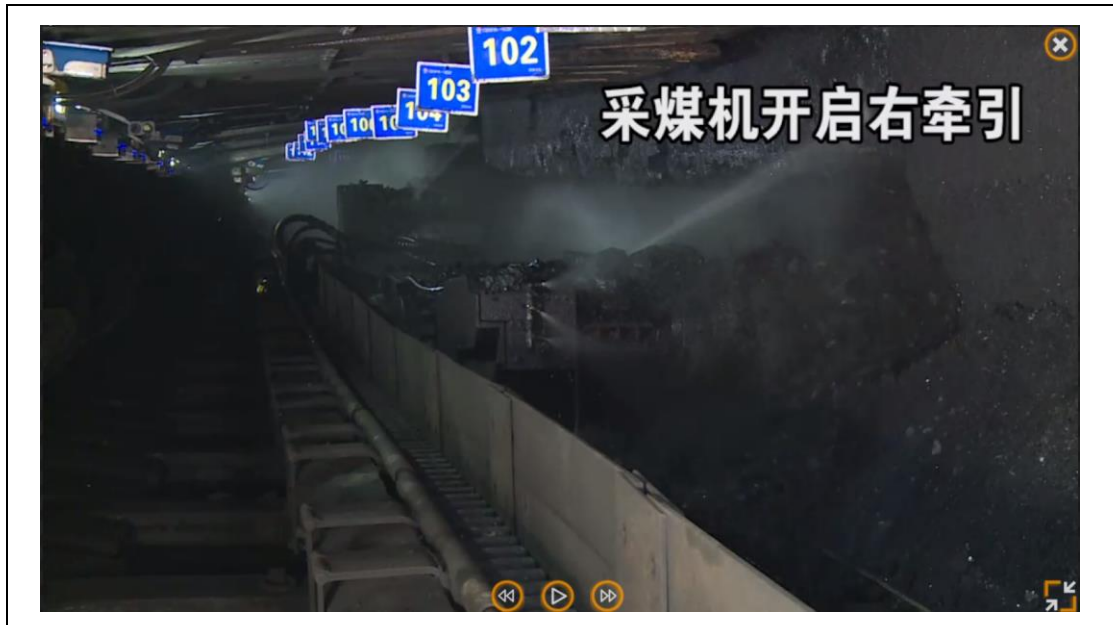


图 39 综采放顶煤工艺视频

#### （四）综采放顶煤工艺操作实践

综采放顶煤工艺操作实践，是在虚拟综采放顶煤工作面环境下，按照综采放顶煤工艺和煤矿安全规程要求逐一进行采煤机割煤、放顶煤液压支架移架、推刮板输送机、放顶煤、拉后部刮板输送机等作业的操作实践训练，使学生掌握综放作业各工种的实际操作能力。

##### 步骤 18 工艺实践-设备开机过程

工作面采煤设备的开机过程，按顺序为：开启带式输送机→开启破碎机→开启转载机→开启前刮板输送机→开启采煤机。

具体工作流程为：

1>带式输送机开启喷雾，打开报警，输送机开始运转，关闭报警，如图 40 所示；

2>破碎机开启喷雾，打开报警，破碎机开始运转，关闭报警，如图 41 所示；

3>转载机开启喷雾，打开报警，转载机开始运转，关闭报警，如图 42 所示；

4>在采煤机控制台上将前刮板输送机解除闭锁，然后操作前刮板输送机：开启喷雾，打开报警，输送机开始运转，关闭报警，如图 43 所示；

5>开启采煤机：在采煤机控制台上将采煤机隔离开关闭合，开启进水阀门，开启喷雾，打开报警声音作提示，等待采煤工作面其他人员收到报警提醒后关闭报警声音，采煤机截割主电机开始供电，闭合采煤机左、右离合器，启动采煤机，如图 44 所示。



图 40 带式输送机开机



图 41 破碎机开机界面

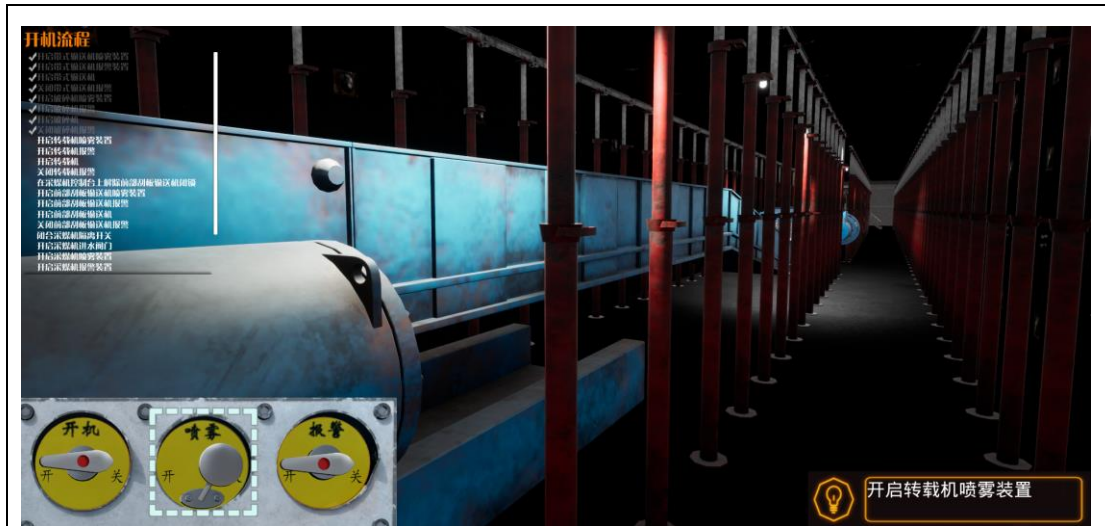


图 42 转载机开机界面



图 43 前刮板输送机开机界面

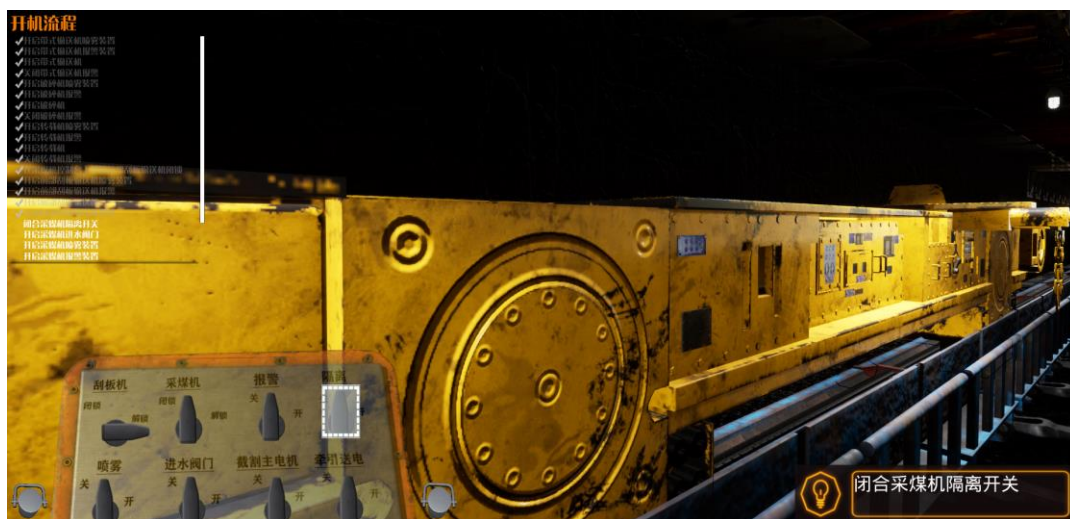


图 44 采煤机开机界面





图 45 斜切进刀

### 步骤 20 工艺实践—放顶煤液压支架移架操作

按如下动作展开：液压支架收护帮板，下降液压支架，前移液压支架，上升液压支架，液压支架展开护帮板。如图 46 所示。





## 步骤 22 工艺实践—放顶煤操作

液压支架收起尾梁插板开始放煤，液压支架展开尾梁插板结束放煤。如图 48 所示。

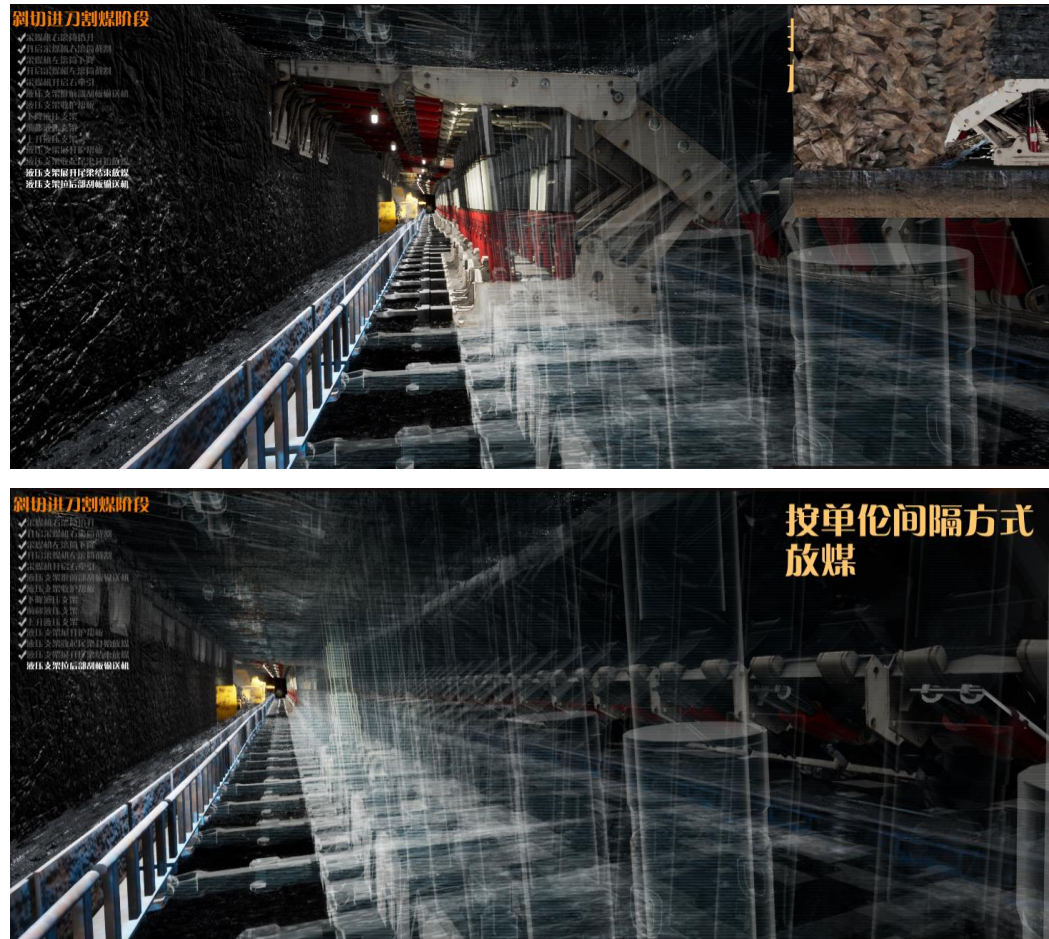


图 48 放顶煤

## 步骤 23 工艺实践—拉后部刮板输送机操作

操作液压支架上的控制阀，拉后部刮板输送机，如图 49 所示。

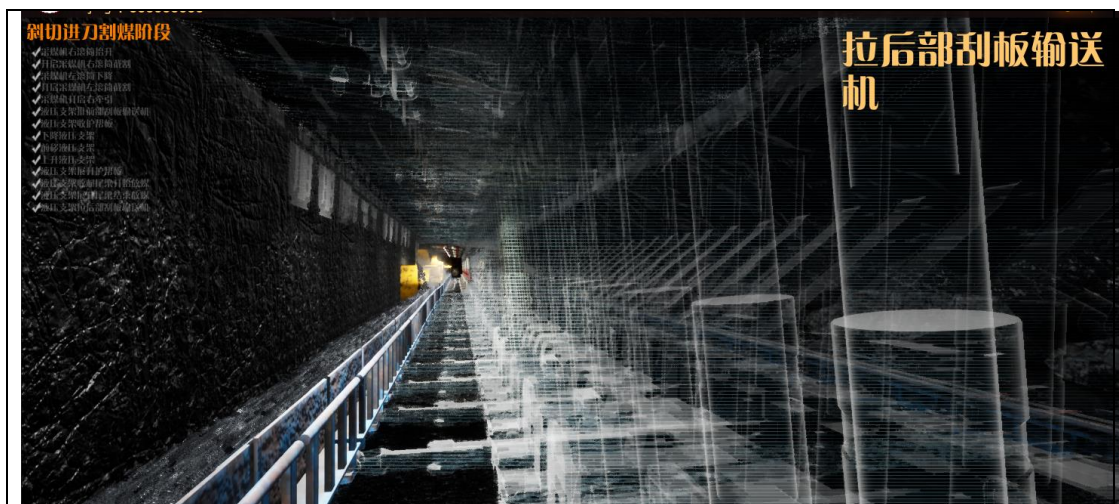


图 49 拉后部刮板输送机

### 步骤 24 工艺实践-设备关机过程

工作面采煤设备的关机过程，按顺序为：关闭采煤机→关闭前刮板输送机→关闭转载机→关闭破碎机→关闭带式输送机。

具体工作流程为：

1>关闭采煤机：采煤机左、右滚筒停止截割，左滚筒降到底板，采煤机停机，左右离合器分离，关闭截割主电机，关闭喷雾，关闭进水阀门，关闭采煤机隔离开关。如图 50 所示；

2>关闭前刮板输送机：输送机停止运转，关闭喷雾，前刮板输送机闭锁。如图 51 所示；

3>转载机停止运转，关闭喷雾，如图 52 所示；

4>破碎机停止运转，关闭喷雾，如图 53 所示；

5>带式输送机停止运转，关闭喷雾，如图 54 所示。



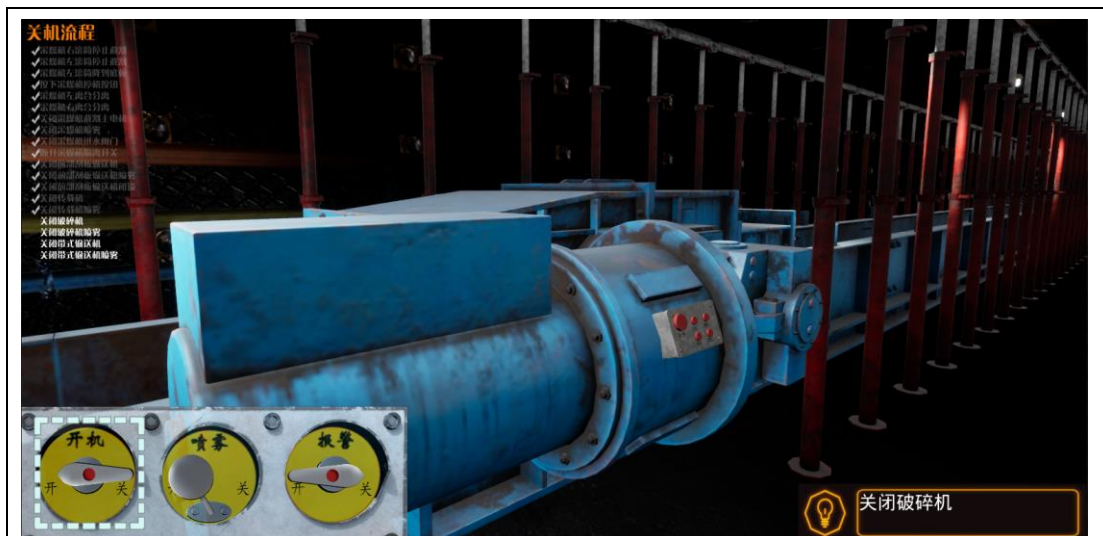


图 53 破碎机关机



图 54 带式输送机关机

### (五) 综采放顶煤工艺循环学习

综采放顶煤工作面以采煤机割煤为中心，从进刀割煤、移架、推前部刮板输送机、放顶煤、拉后部刮板输送机，在完成全部工序到再次进刀割煤时，为一个正规作业循环。

以采煤机割煤为中心，模拟多人交互操作采煤机、放顶煤液压支架等采煤设备进行综采放顶煤生产，模拟综采放顶煤工艺循环过程，实现以下实验目的：

(1) 学习综采工作面采煤机端部斜切进刀、割三角煤、正常割煤、端部割煤的工艺技术。

(2) 学习放顶煤方式、制度和工艺技术方法。

(3) 学习采煤、放煤各作业工种协调作业流程和关系。

(4) 提高学生综采放顶煤现场生产组织管理能力。

仿真实验为丰富实验内容，帮助学生更多了解工艺知识，设计了工作面综放作业四循环流程。实际生产要根据开采条件选择简洁高效作业循环方式。

### 步骤 25 综放工艺循环-斜切进刀并前行割煤阶段

操作采煤机在工作面端部斜切进刀采煤，然后采煤机正常割煤，后滚筒割底煤，前滚筒割顶煤；滞后采煤机 15m 自上而下推移前部刮板输送机弯曲段，到推平为止。采煤机继续前行，液压支架跟机移架。按照放煤规程和工作参数打开放煤口放顶煤，采用单轮间隔放煤，放煤步距 0.8m，采放比为 1:2 的方式放煤，当有矸石落下时关闭放煤口，放煤完毕后拉后部刮板输送机，采放平行作业。


具体工作流程为：

采煤机右滚筒抬升→开启采煤机右滚筒截割→采煤机左滚筒下降→开启左滚筒截割→采煤机开启右牵引→液压支架推前部刮板输送机→液压支架收护帮板→下降液压支架→前移液压支架→上升液压支架→液压支架展开护帮板→液压支架收起尾梁插板开始放煤→液压支架展开尾梁插板结束放煤→液压支架拉后部刮板输送机，斜切进刀割煤阶段界面如图 55 所示。



**斜切进刀割煤阶段**

- ✓ 启动割煤
- ✓ 启动刮板输送机
- ✓ 启动牵引
- ✓ 启动滚筒升降
- ✓ 启动截割
- ✓ 启动支护
- ✓ 启动移架
- ✓ 启动展护
- ✓ 启动收护
- ✓ 启动降架
- ✓ 启动尾梁





## 采煤机割煤

**主菜单**

采煤机控制器

液压支架控制器

跟踪视角

流程介绍

**采煤机控制器**

左牵引	右牵引	左挡板转向	右挡板转向
左滚筒升	左滚筒降	右滚筒升	右滚筒降
左截割	左截停	右截割	右截停


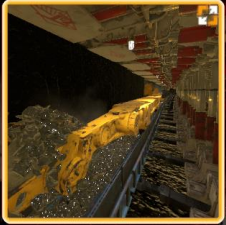
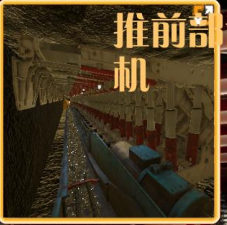
**液压支架控制器**

推前部刮板输送机	拉后部刮板输送机	移架
升架	展护帮板	展尾梁
降架	收护帮板	收尾梁

请等待操作指令

**斜切进刀割煤阶段**

- ✓ 启动割煤
- ✓ 启动刮板输送机
- ✓ 启动牵引
- ✓ 启动滚筒升降
- ✓ 启动截割
- ✓ 启动支护
- ✓ 启动移架
- ✓ 启动展护
- ✓ 启动收护
- ✓ 启动降架
- ✓ 启动尾梁

## 推前部刮板输送机

**主菜单**

采煤机控制器

液压支架控制器

跟踪视角

流程介绍

**采煤机控制器**

左牵引	右牵引	左挡板转向	右挡板转向
左滚筒升	左滚筒降	右滚筒升	右滚筒降
左截割	左截停	右截割	右截停


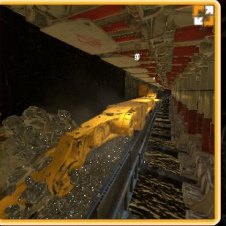
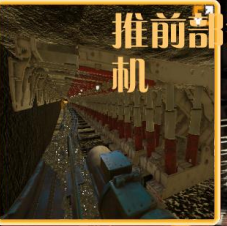
**液压支架控制器**

推前部刮板输送机	拉后部刮板输送机	移架
升架	展护帮板	展尾梁
降架	收护帮板	收尾梁

液压支架推前部刮板输送机-点击“推前部刮板输

**斜切进刀割煤阶段**

- ✓ 启动割煤
- ✓ 启动刮板输送机
- ✓ 启动牵引
- ✓ 启动滚筒升降
- ✓ 启动截割
- ✓ 启动支护
- ✓ 启动移架
- ✓ 启动展护
- ✓ 启动收护
- ✓ 启动降架
- ✓ 启动尾梁

## 推前部刮板输送机

**主菜单**

采煤机控制器

液压支架控制器

跟踪视角

流程介绍

**采煤机控制器**

左牵引	右牵引	左挡板转向	右挡板转向
左滚筒升	左滚筒降	右滚筒升	右滚筒降
左截割	左截停	右截割	右截停

**液压支架控制器**


推前部刮板输送机	拉后部刮板输送机	移架
升架	展护帮板	展尾梁
降架	收护帮板	收尾梁

请等待操作指令

**斜切进刀割煤阶段**

- ✓ 采煤机右滚筒启动
- ✓ 采煤机右滚筒左移
- ✓ 采煤机右滚筒下降
- ✓ 采煤机右滚筒左移
- ✓ 采煤机右滚筒启动

液压支架支护板  
下降液压支架  
收缩液压支架  
上升液压支架  
液压支架前片支护板  
液压支架前片支护板左移故障  
液压支架前片支护板左移故障  
液压支架前片支护板左移故障



## 液压支架移架

<b>主菜单</b>	<b>采煤机控制器</b>				<b>液压支架控制器</b>		
	左牵引	右牵引	左挡板转向	右挡板转向	推前部刮板输送机	拉后部刮板输送机	移架
	左滚筒升	左滚筒降	右滚筒升	右滚筒降	升架	展护帮板	展尾梁
	左截割	左截停	右截割	右截停	降架	收护帮板	收尾梁

**跟踪视角**

**流程介绍**

液压支架收护帮板-点击“收护帮板”

**斜切进刀割煤阶段**

- ✓ 采煤机右滚筒启动
- ✓ 采煤机右滚筒左移
- ✓ 采煤机右滚筒下降
- ✓ 采煤机右滚筒左移
- ✓ 采煤机右滚筒启动

液压支架支护板  
下降液压支架  
收缩液压支架  
上升液压支架  
液压支架前片支护板  
液压支架前片支护板左移故障  
液压支架前片支护板左移故障  
液压支架前片支护板左移故障





<b>主菜单</b>	<b>采煤机控制器</b>				<b>液压支架控制器</b>		
	左牵引	右牵引	左挡板转向	右挡板转向	推前部刮板输送机	拉后部刮板输送机	移架
	左滚筒升	左滚筒降	右滚筒升	右滚筒降	升架	展护帮板	展尾梁
	左截割	左截停	右截割	右截停	降架	收护帮板	收尾梁

**跟踪视角**

**流程介绍**

上升液压支架-点击“升架”

**斜切进刀割煤阶段**

- ✓ 采煤机右滚筒启动
- ✓ 采煤机右滚筒左移
- ✓ 采煤机右滚筒下降
- ✓ 采煤机右滚筒左移
- ✓ 采煤机右滚筒启动

液压支架支护板  
下降液压支架  
收缩液压支架  
上升液压支架  
液压支架前片支护板  
液压支架前片支护板左移故障  
液压支架前片支护板左移故障  
液压支架前片支护板左移故障





<b>主菜单</b>	<b>采煤机控制器</b>				<b>液压支架控制器</b>		
	左牵引	右牵引	左挡板转向	右挡板转向	推前部刮板输送机	拉后部刮板输送机	移架
	左滚筒升	左滚筒降	右滚筒升	右滚筒降	升架	展护帮板	展尾梁
	左截割	左截停	右截割	右截停	降架	收护帮板	收尾梁

**跟踪视角**

**流程介绍**

请等待操作指令

**斜切进刀割煤阶段**

- ✓ 采煤机在滚筒后打刀
- ✓ 采煤机在滚筒前左滚筒割煤
- ✓ 采煤机在滚筒前右滚筒割煤
- ✓ 采煤机打刀右牵引
- ✓ 液压支架前部前部展护帮板
- ✓ 液压支架前部前部移架
- ✓ 移架展护帮板
- ✓ 打尾梁展护帮板
- ✓ 打尾梁移架
- ✓ 液压支架前部前部展护帮板
- ✓ 液压支架前部前部移架
- ✓ 液压支架前部前部展护帮板
- ✓ 液压支架前部前部移架

**按单化间隔方式放煤**

**主菜单**

**采煤机控制器**

**液压支架控制器**

**跟踪视角**

**流程介绍**

采煤机控制器: 左牵引, 右牵引, 左挡板转向, 右挡板转向

液压支架控制器: 推前部刮板输送机, 拉后部刮板输送机, 移架, 左滚筒升, 左滚筒降, 右滚筒升, 右滚筒降, 升架, 展护帮板, 展尾梁, 左截割, 左截停, 右截割, 右截停, 降架, 收护帮板, 收尾梁

液压支架收起尾梁开始放煤-点击“收尾梁”

**斜切进刀割煤阶段**

- ✓ 采煤机在滚筒后打刀
- ✓ 采煤机在滚筒前左滚筒割煤
- ✓ 采煤机在滚筒前右滚筒割煤
- ✓ 采煤机打刀右牵引
- ✓ 液压支架前部前部展护帮板
- ✓ 液压支架前部前部移架
- ✓ 移架展护帮板
- ✓ 打尾梁展护帮板
- ✓ 打尾梁移架
- ✓ 液压支架前部前部展护帮板
- ✓ 液压支架前部前部移架
- ✓ 液压支架前部前部展护帮板
- ✓ 液压支架前部前部移架

**按单化间隔方式放煤**

**主菜单**

**采煤机控制器**

**液压支架控制器**

**跟踪视角**

**流程介绍**

采煤机控制器: 左牵引, 右牵引, 左挡板转向, 右挡板转向

液压支架控制器: 推前部刮板输送机, 拉后部刮板输送机, 移架, 左滚筒升, 左滚筒降, 右滚筒升, 右滚筒降, 升架, 展护帮板, 展尾梁, 左截割, 左截停, 右截割, 右截停, 降架, 收护帮板, 收尾梁

请等待操作指令

**斜切进刀割煤阶段**

- ✓ 采煤机在滚筒后打刀
- ✓ 采煤机在滚筒前左滚筒割煤
- ✓ 采煤机在滚筒前右滚筒割煤
- ✓ 采煤机打刀右牵引
- ✓ 液压支架前部前部展护帮板
- ✓ 液压支架前部前部移架
- ✓ 移架展护帮板
- ✓ 打尾梁展护帮板
- ✓ 打尾梁移架
- ✓ 液压支架前部前部展护帮板
- ✓ 液压支架前部前部移架
- ✓ 液压支架前部前部展护帮板
- ✓ 液压支架前部前部移架

**拉后部刮板输送机**

**主菜单**

**采煤机控制器**

**液压支架控制器**

**跟踪视角**

**流程介绍**

采煤机控制器: 左牵引, 右牵引, 左挡板转向, 右挡板转向

液压支架控制器: 推前部刮板输送机, 拉后部刮板输送机, 移架, 左滚筒升, 左滚筒降, 右滚筒升, 右滚筒降, 升架, 展护帮板, 展尾梁, 左截割, 左截停, 右截割, 右截停, 降架, 收护帮板, 收尾梁

液压支架拉后部刮板输送机-点击“拉后部刮板输送机”

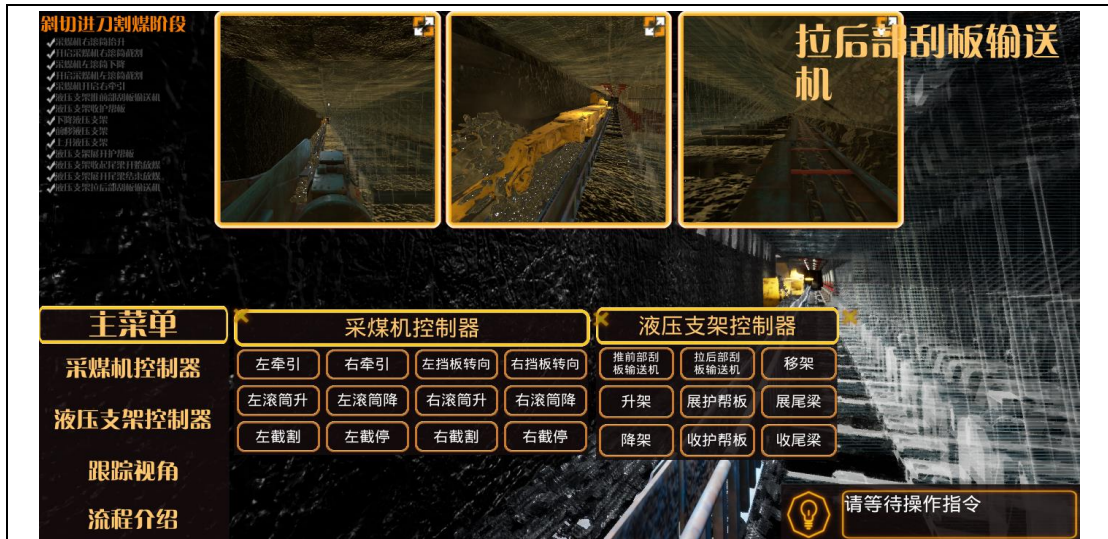


图 55 斜切进刀并前行割煤阶段

### 步骤 26 综放工艺循环-正常割煤阶段

按照工艺流程、工艺参数、放顶煤制度、方式和参数，采煤机继续前行割煤，液压支架跟机移架，放顶煤，拉后部刮板输送机，采放作业按规程协调进行，如图 56 所示。





图 56 正常割煤阶段

### 步骤 27 综放工艺循环-割端部煤阶段

采煤机行至工作面刮板输送机机尾部割通端部煤壁，采煤机回返，降下右滚筒割完端部底煤。

具体工作流程为：

采煤机右挡板转向→采煤机左挡板转向→采煤机右滚筒下降→采煤机左滚筒抬升，如图 57 所示



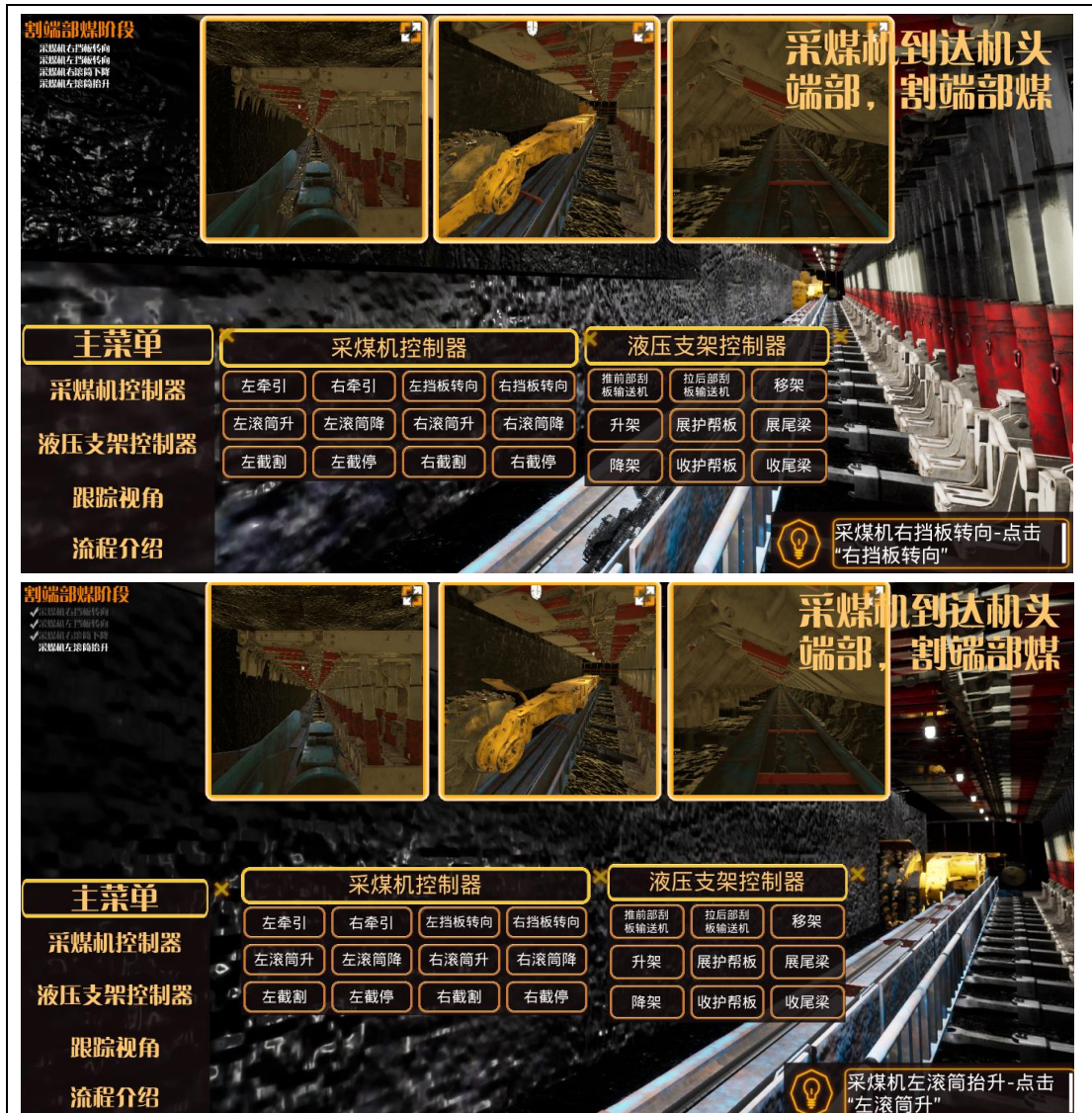


图 57 割端部煤阶段

### 步骤 28 综放工艺循环-采煤机回返阶段

采煤机继续回返上行，滚筒装煤，滞后采煤机 15m 跟机推移前部刮板输送机，采煤机行至三角煤弯曲段时，操作采煤机采完端部三角煤。

具体工作流程为：

采煤机开启左牵引→推前部刮板输送机，如图 58 所示。

**回返割三角煤阶段**  
 采煤机开启左牵引  
 液压支架前部刮板输送机  
 采煤机右滚筒停止截割  
 采煤机左滚筒停止截割



**采煤机回返，滚筒装煤**

**主菜单**

**采煤机控制器**

左牵引 右牵引 左挡板转向 右挡板转向

**液压支架控制器**

推前部刮板输送机 拉后部刮板输送机 移架  
 升架 展护帮板 展尾梁  
 降架 收护帮板 收尾梁

跟踪视角  
流程介绍

采煤机开启左牵引-点击“左牵引”

**回返割三角煤阶段**  
 采煤机开启左牵引  
 液压支架前部刮板输送机  
 采煤机右滚筒停止截割  
 采煤机左滚筒停止截割



**采煤机回返，滚筒装煤**

**主菜单**

**采煤机控制器**

左牵引 右牵引 左挡板转向 右挡板转向

**液压支架控制器**

推前部刮板输送机 拉后部刮板输送机 移架  
 升架 展护帮板 展尾梁  
 降架 收护帮板 收尾梁

跟踪视角  
流程介绍

请等待操作指令

**回返割三角煤阶段**  
 液压支架前部刮板输送机  
 采煤机右滚筒停止截割  
 采煤机左滚筒停止截割



**移架，推前部刮板输送机**

**主菜单**

**采煤机控制器**

左牵引 右牵引 左挡板转向 右挡板转向

**液压支架控制器**

推前部刮板输送机 拉后部刮板输送机 移架  
 升架 展护帮板 展尾梁  
 降架 收护帮板 收尾梁

跟踪视角  
流程介绍

液压支架推前部刮板输送机-点击“推前部刮板输送机”



图 58 采煤机回返阶段

## 步骤 29 实验考核

有两种考核测试方式：试题形式考核和看图测试考核方式。考核完毕生成实验报告。

### (1) 试题形式考核

题库有判断题和选择题两种类型的试题，随机出题进行考核，如图 59 所示。



图 59 试题形式考核

### (2) 看图测试考核

看图测试考核方式是根据系统显示的采煤设备拆解的部件和提出的问题，选择与问题一致的部件，如图 60 所示。



图 60 看图测试考核

(3) 实验成绩

实验成绩=实验任务完成百分比×100×20%+ (试题成绩+看图测试成绩)  
×80%

(4) 实验报告

根据学生做实验和回答问题情况，生成实验报告。实验报告主要包含以下内容：

- ① 实验目的
- ② 实验内容
- ③ 学生实验任务完成百分比
- ④ 试题、学生回答问题答案及得分
- ⑤ 试题参考答案
- ⑥ 实验总成绩

2-9 实验结果与结论要求

(1) 是否记录每步实验结果： 是  否

(2) 实验结果与结论要求： 实验报告  心得体会 其他

(3) 其他描述：

无

2-10 考核要求

将**实验预习、实验操作、实验结果、实验报告**“四位一体”全面考核和评价学生的学习成效。具体考核要求、评分细则和比例见表 2。

表 2 虚拟仿真实验考核要求以及评分细则表

考核要求	考核内容	评分细则
实验预习（15%）	预习考核	10
	理论考试	5
实验操作（40%）	实验步骤是否清楚，数据记录是否准确	10
	仪器的操作方法是否正确、规范	20

	对实验现象的观察是否精心	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、实验操作步骤、实验数据记录与处理、实验结果和结论、注意事项、对实验的评价和建议等是否完整	20
	对实验结果的分析、讨论是否充分	10
总分 (100%)		100

## 2-11 面向学生要求

### (1) 专业与年级要求

本实验项目主要面向全校大一、大二通识教育必修课及采矿工程、土木工程的大三、大四年级学生；涉及专业课程包括：采矿概论、煤矿开采学、地下工程等课程。同时服务采矿工程大二学生认识实习、大三学生生产实习、以及大四学生毕业实习、毕业设计。

### (2) 基本知识和能力要求

在使用本虚拟仿真实验系统学习前，对于参加实验和实践的大一、大二学生，要求学生已经较系统的学习采煤概论课程，对于参加工程实践和实习的大三与大四学生，要求具有煤矿开采学的基本知识。

## 2-12 实验项目应用及共享情况

(1) 本校上线时间：2018年10月

(2) 已服务过的本校学生人数：2000

(3) 是否纳入到教学计划： 是  否

(勾选“是”，请附所属课程教学大纲)

(4) 是否面向社会提供服务： 是  否

(5) 社会开放时间：2019年3月，已服务人数：200

### 3. 实验教学项目相关网络及安全要求描述

#### 3-1 有效链接网址

<http://cyy.cumtb.rofall.net/virexp/zcfd>

#### 3-2 网络条件要求

(1) 说明客户端到服务器的带宽要求（需提供测试带宽服务）

- ①基于公有云服务器部署的系统， 10M 带宽
- ②基于局域网服务器部署的系统， 10M-50M 带宽

(2) 说明能够支持的同时在线人数（需提供在线排队提示服务）

支持 7 个学生同时在线并发访问和请求，如果单个实验被占用，则提示后面进行在线等待，等待前面一个预约实验结束后，进入下一个预约队列。



#### 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

Windows 7 及以上

(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



#### 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>综采放顶煤虚拟仿真教学实验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>综采放顶煤虚拟仿真教学实验项目的总体架构图如下：</p> <p>图 1 系统总体架构图</p> <p>如图 1 所示，支撑项目运行的平台及项目运行的架构共分为五层，每一层都为其上层提供服务，直到完成具体虚拟实验教学环境的构建。下面将按照从下至上的顺序分别阐述各层的具体功能。</p> <p><b>(1) 数据层</b></p> <p>综采放顶煤虚拟仿真教学实验项目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。</p> <p><b>(2) 支撑层</b></p> <p>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</p>

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、项目开放与共等，同时提供相应集成接口工具，以便该平台能够方便集成第三方的虚拟实验软件进入统一管理。

### (4) 仿真层

仿真层主要针对该项目进行相应的实验场景构建、设备建模、设备交互功能的开发、提供任务引导系统，为上层提供实验交互数据的格式化输出。

### (5) 应用层

基于底层的的服务，最终综采放顶煤虚拟仿真教学实验项目教学与开放共享。该框架的应用层按模块划分，利用仿真层提供的实验交互数据，设计各种典型实验环节，最后面向学校开展实验教学应用。

综采放顶煤虚拟仿真教学实验项目的技术架构图如下：

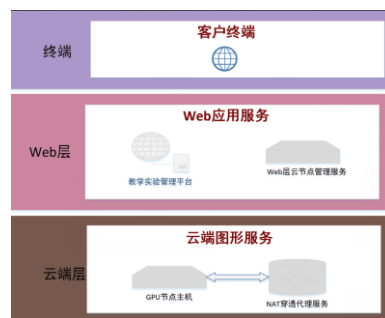


图 2 系统技术架构图

如图 2 所示，支撑项目运行的技术架构共分为三层，每一层都为其上层提供服务。下面将按照从下至上的顺序分别阐述各层的具体功能。

### (1) 云端层

GPU 节点主机，放置三维仿真应用程序，主要负责三维仿真程序的云端渲染根据用户的传入输入信息处理。NAT 穿透代理服务，解决 WebRTC 传输的 P2P 问题。

### (2) Web 层

Web 层云节点管理服务，匹配用户与云端主机的配对和负载，权限管理以及数据提交等。

### (3) 终端

教学管理实验平台，用户使用登陆入口、用户管理、实验管理、实验报告等等。

实验教 学项目	开发技术	<input type="checkbox"/> VR <input type="checkbox"/> AR <input type="checkbox"/> MR <input type="checkbox"/> 3D 仿真 <input type="checkbox"/> 二维动画 <input checked="" type="checkbox"/> HTML5 其他 <u>云端渲染串流技术</u>
	开发工具	<input 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 checked="" type="checkbox"/> Unreal Development Kit <input type="checkbox"/> Animate CC <input type="checkbox"/> Blender <input checked="" type="checkbox"/> Visual Studio <input checked="" type="checkbox"/> 其他 <u>Photoshop</u>
	运行环境	<b>服务器</b> <b>Web 服务器</b> 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> <b>操作系统</b> <input type="checkbox"/> Windows Server <input checked="" type="checkbox"/> Linux <input type="checkbox"/> 其他 具体版本 <u>        </u> <b>数据库</b> <input checked="" type="checkbox"/> Mysql <input type="checkbox"/> SQL Server <input type="checkbox"/> Oracle 其他 <u>        </u> 云端渲染服务器 (多台根据支持同时在线用户数量决定) <b>Web 服务器</b> CPU <u>六</u> 核、内存 <u>64 及以上</u> GB、磁盘 <u>200</u> GB、显存 <u>16</u> GB、GPU 型号 <u>P100</u> <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 <u>        </u> <b>数据库</b> 无 其他 <u>        </u> 备注说明 <u>        </u>
	项目品质 (如: 单场景模型总面数、贴图分辨率、每帧渲染次数、动作反馈时间、显示刷新率、分辨率等)	单场景模型总面数: 2000000 面 贴图分辨率: 1024*1024 动作反馈时间: 1 秒以内 显示刷新率: 高于 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) 实验方案设计思路

综采放顶煤工艺技术是一个非常复杂的体系结构,涉及多个层面的知识和技能,实验室和真实现代化矿井无法提供相应的实验条件。

为解决这一教学难题,实验方案首先充分发挥虚拟仿真技术优势,从矿井生产系统构成、采煤设备结构及工作原理、综放技术操作实践、综放工艺流程等多层次多角度设计实验室和真实现代化矿井无法系统实现的综采放顶煤实验内容,帮助学生全面掌握综放知识。通过对矿井真实环境的三维仿真模拟,引导学生认知井下综采放顶煤工作面作业环境,学习采煤设备的结构及性能,交互操作采煤设备进行割煤、放煤作业,学习综采放顶煤工艺循环过程及技术要点。

采用沉浸展示、观摩学习,交互操作、现场实践、工艺流程综合模拟训练以及线上线下结合等方式开展实验。

### (2) 教学方法创新

综采放顶煤虚拟仿真教学实验提供了比实验室和矿井现场更为丰富、系统的实验内容,帮助学生从矿井生产系统、生产设备、工艺操作训练、综放工艺流程等方面系统学习,多层次多角度系统掌握综放开采知识,显著提高了实验教学水平,开拓了学生创新思维能力,解决了实验室和真实现代化矿井无法解决的教学难题。

综采放顶煤虚拟仿真教学实验以先进仿真技术为支撑,提供了沉浸感知、观摩学习和交互操作、线上线下结合的教学手段,有助于理论联系实际、理论联系实践,方便交流和讨论,提高学生学习兴趣,有助于综采放顶煤相关知识的系统掌握。

把课堂综放理论学习、实验室顶煤冒放性等工艺参数优化实验和综采放顶煤虚拟仿真工艺实践教学结合起来,形成系统的教学方法。

通过多层次、多结构、多角度体系化的实验内容,帮助学生系统全面的掌

握综采放顶煤的技术知识,提高现场实践、组织管理能力和科技创新能力。

### (3) 评价体系创新

从矿井生产系统、开采技术条件、设备结构及工作原理、设备操作、工艺技术等多层面、从理论知识和实际工艺知识等多方面,以及学生实验表现等多维度进行考核,有助于客观系统评价学生知识掌握程度。

### (4) 对传统教学的延伸与拓展

仿真项目改变了传统的教师注入式教学方式,强调“以学生为中心”的实验教学理念,将学习资源开放,学习空间开放,以学生自己学习为主,教师指导为辅,教师尊重学生的想法,鼓励、引导学生主动学习,教师与学生融合成一体,共同完成实验项目而使学生获取知识和技能。

仿真项目以学生为中心,通过沉浸式显示和交互操作实验平台展开引导式教学过程,学生可以在PC端共享实验资源或在实验室通过VR技术在煤矿虚拟环境中掌握知识和技能,突破了传统的教学方式。

## 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:

在综采放顶煤虚拟仿真教学实验项目和现有采矿与安全虚拟仿真教学实验中心已有的教学项目基础上, 根据煤炭开采技术的发展和教学需求, 计划增加煤矿智能开采等 3 门虚拟仿真实验课程, 建立采矿工程专业完整的虚拟仿真实验教学体系。

综采放顶煤虚拟仿真教学实验项目将根据使用中得到的反馈意见不断改进提高。项目不仅服务采矿工程专业学生, 而且服务于全校所有其他本科专业学生及研究生学生, 今后 5 年预计服务人数 12000 人。

### (2) 面向高校的教学推广应用计划:

本实验项目计划面向全国所有煤炭院校进行推广, 并和兄弟院校讨论交流, 不断改进提高。

切实做好支援西部煤炭院校的教学需求, 共同推进和共享虚拟仿真教学建设成果, 为培养学生的综合创新能力服务。

今后 5 年预计服务人数 50000 人。

### (3) 面向社会的推广应用计划:

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。面向定点煤炭企业提供培训及考核服务。

今后 5 年预计服务人数 10000 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	综采放顶煤虚拟仿真教学软件
是否与项目名称一致	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
著作权人	中国矿业大学（北京）
权利范围	全部权利
登记号	2019SR0780367

## 8. 诚信承诺

<p>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。</p> <p>本人已认真填写、检查申报材料，保证内容真实、准确、有效。</p> <p>实验教学项目负责人（签字）：</p> <p style="text-align: right;">年   月   日</p>
--

## 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。）

### 3. 采矿工程专业本科培养方案

### 4. 《煤矿开采学》课程实验教学大纲

### 5. 计算机软件著作权登记证书

附件 9.1 政治审查意见

### 政治审查意见表

虚拟仿真实验教学项目名称	综采放顶煤虚拟仿真教学实验
负责人	侯运炳
项目成员	杨大鹏、张勇、潘卫东、姜喜迪、杨胜利、吴仁伦、 杜莉莉
<p>项目团队成员审查意见：</p> <p>侯运炳同志忠诚于党和人民的教育事业，热爱学校、关心学生，积极投身教学工作。思想觉悟高，认真学习习近平新时代中国特色社会主义思想 and 党的十九大精神，在思想上行动上始终同党中央保持高度一致，以高度的责任心和使命感培养社会主义合格建设者和可靠接班人。群众关系好，政治历史清楚，无政治历史问题。</p> <p>团队成员其他同志为我校的教学骨干，支持党的方针、政策，在思想上政治上行动上始终同党中央保持高度一致，工作上服从领导的安排，有强烈的集体荣誉感和团队意识。</p> <p>该实验教学项目将课本抽象的知识真实化、形象化，加深学生对综采放顶煤主要设备的结构、工作原理和性能特点的认知程度，提高了学生专业兴趣和理论联系实际的能力，对于培养高质量的矿业人才具有重要意义。</p> <p style="text-align: center;">（学校党委盖章）</p> <p style="text-align: right;">年 月 日</p>	

## 政审证明

王光晨同志，性别：男，民族：汉族，1983年1月出生，群众。

该同志政治立场坚定，对党的事业充满信心，认真贯彻执行党的路线、方针和政策；热爱祖国，热爱中国共产党，热爱社会主义，拥护中国共产党的领导。在工作上服从领导的工作安排，为人踏实稳重，责任心强，有着强烈的集体荣誉感和良好的团队合作精神。思想政治上始终与党中央保持高度一致，无违法乱纪行为，没有任何政治问题。

特此证明。

北京龙软科技股份有限公司

2019年9月1日



## 附件 9.2 校外评价意见

### 评价意见

中国矿业大学（北京）能源与矿业学院向我院提供的综采放顶煤虚拟仿真实验教学共享资源，为我院采矿工程专业提供了全新的先进教学手段。该仿真教学系统，采用先进虚拟仿真技术和教学理念，构建了沉浸式显示和交互操作综采放顶煤虚拟仿真实验平台，引导学生在高度仿真的矿井作业环境里，以交互操作方式系统学习综采放顶煤的相关知识，提高了学生学习兴趣和学习效果，克服了实验室无法进行相关实验的困难，是对传统教学方法的革新。

新疆工程学院矿业工程与地质学院

2019年6月20日



## 附件 9.3 采矿工程专业本科培养方案

# 采矿工程专业本科培养方案

### 一、培养目标

坚持学校“厚基础，强实践，重研究”人才培养特色，培养具有社会主义核心价值观，符合社会经济和能源工业发展需求，具备良好的人文社会科学素养和职业道德，具有国际视野、创新意识、终身学习、团队合作与沟通等可持续发展的潜能及素质，具备扎实的数学和自然科学基础、系统的采矿工程专业知识、工程实践能力及专业表达能力，在矿业工程领域从事采矿（井工、露天、金属、地下建设等）工程的规划设计、技术研发、科学研究、生产运行和管理等方面的专业技术人才。

### 二、毕业生的基本要求

1. 工程知识：能够将数学、自然科学、工程基础和专业知用于采矿工程中解决复杂工程问题。

2. 问题分析：能够应用数学、自然科学以及采矿工程科学的基本理论和方法，识别、表达、并通过中外文献资料研究分析采矿工程中的复杂工程问题，以获得有效结论。

3. 设计/开发解决方案：能够设计针对采矿工程中复杂工程问题的解决方案，设计满足特定需求的系统、单元（部件）或工艺流程，并能够在设计环节中体现创新意识，考虑社会、健康、安全、法律、文化、经济以及环境等因素。

4. 研究：能够基于科学原理并采用科学方法对采矿工程中的复杂工程问题进行研究，包括设计实验、分析与解释数据、并通过信息综合得到合理有效的结论。

5. 使用现代工具：能够针对采矿工程中的复杂问题，开发、选择与使用恰当的技术、资源、现代工程工具和信息技术工具，并能够理解其局限性。

6. 工程与社会：能够基于工程相关背景知识进行合理分析，评价采矿工程实践和复杂工程问题解决方案对社会、健康、安全、法律以及文化的影响，并理解应承担的责任。

7. 环境和可持续发展：能够理解和评价针对采矿工程中复杂工程问题的专

业工程实践对环境、社会可持续发展的影响。

8. 职业规范：具有人文社会科学素养、社会责任感，能够在采矿工程实际中理解并遵守工程职业道德和规范，履行责任。

9. 个人和团队：能够在多学科背景下的团队中承担个体、团队成员以及负责人的角色。

10. 沟通：能够就采矿工程中复杂问题与业界同行及社会公众进行有效沟通和交流，包括撰写报告和设计文稿、陈述发言、清晰表达或回应指令，并具备一定的国际视野，能够在跨文化背景下进行沟通和交流。

11. 项目管理：理解并掌握工程管理原理与经济决策方法，并能在多学科环境中应用。

12. 终身学习：具有自主学习和终身学习的意识，有不断学习和适应发展的能力。

### **三、专业方向和业务范围**

**专业方向 1：地下开采**

**业务范围：**井工矿山、道路交通（铁路、城市地铁、公路）、隧道工程等，能进行规划、设计、监理、工程施工、生产技术及技术管理等。

**专业方向 2：露天开采**

**业务范围：**露天矿山、道路交通（铁路、城市地铁、公路）、隧道工程、民用建筑地下工程等，能进行规划、设计、监理、工程施工、生产技术及技术管理等。

**专业方向 3：金属矿开采**

**业务范围：**金属矿地下矿山、道路交通（铁路、城市地铁、公路）、隧道工程、水电站硐室工程、城市地下工程、民用建筑地下工程等，能进行规划、设计、监理、工程施工、生产技术及技术管理等。

**专业方向 4：地下建设工程**

**业务范围：**矿业建设工程、矿业工程体监测与防护、地下开挖工程、地下综合管廊工程、地下储库与基础工程、地下建设工程规划与管理等。能进行规划、设计、监理、工程施工、生产技术及技术管理等。

#### 四、主干学科和专业核心课程

主干学科：矿业工程、工程力学、安全工程

专业核心课程：煤矿开采学、矿山压力与岩层控制、矿井通风与安全、露天与金属矿山开采、地下工程。

#### 五、教学时数

地下开采方向：理论教学环节的总学时数 2350 学时，课内学时数 2278 学时。

露天开采方向：理论教学环节的总学时数 2326 学时，课内学时数 2254 学时。

金属矿开采方向：理论教学环节的总学时数 2358 学时，课内学时数 2286 学时。

地下建设工程方向：理论教学环节的总学时数 2358 学时，课内学时数 2286 学时。

#### 六、最低毕业学分要求

地下开采方向：最低毕业总学分 192 学分，其中实践教学环节 44 学分，创新教学环节不低于 7 学分。

露天开采方向：最低毕业总学分 191.5 学分，其中实践教学环节 45 学分，创新教学环节不低于 7 学分。

金属矿开采方向：最低毕业总学分 193.5 学分，其中实践教学环节 45 学分，创新教学环节不低于 7 学分。

地下建设工程方向：最低毕业总学分 193.5 学分，其中实践教学环节 45 学分，创新教学环节不低于 7 学分。

#### 七、修业年限

四年。

#### 八、授予学位

工学学士。

专业负责人：何富连教授







## 采矿工程专业本科教学进程表

表3 专业核心必修课程教学进程表

类别与性质	课程编号	考核方式	课程名称	总学分	总学时	理论教学	实践教学		自主学习	开课学期及学时								毕业要求1	毕业要求2	毕业要求3	毕业要求4	毕业要求5	毕业要求6	毕业要求7	毕业要求8	毕业要求9	毕业要求10	毕业要求11	毕业要求12								
							实验	其他		1	2	3	4	5	6	7	8																				
专业核心必修课	16A11008	考试	矿山压力与岩层控制	3	48	44	4	0						48						H	M																
	16A11012	考试	矿山岩土力学	2.5	40	36	4	0						40						H	M		M														
	16A11007	考试	煤矿开采学	4.5	72	66	6	0						72						H	H			M											L		
	16A11011	考试	地下工程	2	32	28	4	0							32					H	M																
	16A11059	考试	矿井通风与安全	4	64	56	8	0							64					H					M												
	<b>小计</b>				<b>16</b>	<b>256</b>	<b>230</b>	<b>26</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>160</b>	<b>96</b>	<b>0</b>	<b>0</b>																		

# 采矿工程专业本科教学进程表

表 4-1 专业课程教学进程表

方向名称：地下开采

类别与性质	课程编号	考核方式	课程名称	总学分	总学时	理论教学	实践教学		自主学习	开课学期及学时								毕业要求 1	毕业要求 2	毕业要求 3	毕业要求 4	毕业要求 5	毕业要求 6	毕业要求 7	毕业要求 8	毕业要求 9	毕业要求 10	毕业要求 11	毕业要求 12									
							实验	其他		1	2	3	4	5	6	7	8																					
专业必修课	16A16223	考查	爆破工程	2	32	26	6	0						32						M	L																	
	16A11020	考查	弹性力学基础	2	32	32	0	0						32						H																		
	16A11014	考查	工程 CAD	2	32	16	16	0						32										H														
	16A11009	考查	采矿新技术（双语）	2	32	30	2	0																				M						H				
	16A11013	考查	特殊开采	2	32	32	0	0														M	M															
	16A11015	考查	系统工程	2	32	24	8	0																											H			
	<b>小计</b>				<b>12</b>	<b>192</b>	<b>160</b>	<b>32</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>96</b>	<b>0</b>	<b>96</b>	<b>0</b>																				
专业选修课	16A11025	考查	VB 程序设计	2	32	20	12	0						32																								
	16A11094	考查	矿业软件应用与实践	2	32	20	12	0						32																								
	16A11023	考查	应用运筹学 B	2	32	32	0	0						32							L																	
	16A11022	考查	采矿数值分析方法及应用	2	32	20	12	0						32																								
	16A11092	考查	矿山智能与未来开采	2	32	32	0	0						32																							M	
	16A11010	考查	露天与金属矿山开采	2	32	30	2	0						32							M		L															
	16A11026	考查	专业外语（采矿工程）	2	32	32	0	0						32								M													H	M		
	16A11091	考查	工程概算与管理	2	32	32	0	0							32																						H	
	16A11024	考查	工业技术经济学	2	32	32	0	0							32																						H	
	16A11095	考查	矿山环境保护	2	32	32	0	0							32						L		M															
	16A11093	考查	矿业投资经济学	2	32	32	0	0							32																						H	
<b>小计</b>				<b>22</b>	<b>352</b>	<b>314</b>	<b>38</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>96</b>	<b>128</b>	<b>128</b>	<b>0</b>																					
专业选修课至少选修				<b>9</b>	<b>144</b>																																	
通识教育选修课至少选修				<b>10</b>	<b>160</b>																																	
必修课总学分学时				<b>122</b>	<b>2046</b>	<b>1796</b>	<b>178</b>	<b>48</b>	<b>24</b>	<b>328</b>	<b>398</b>	<b>344</b>	<b>416</b>	<b>256</b>	<b>208</b>	<b>96</b>	<b>0</b>																					
总学分学时				<b>141</b>	<b>2350</b>																																	
课内总学时					<b>2278</b>																																	

# 采矿工程 专业本科教学进程表

表 4-2 专业课程教学进程表

方向名称：露天开采

类别与性质	课程编号	考核方式	课程名称	总学分	总学时	理论教学	实践教学		自主学习	开课学期及学时								毕业要求 1	毕业要求 2	毕业要求 3	毕业要求 4	毕业要求 5	毕业要求 6	毕业要求 7	毕业要求 8	毕业要求 9	毕业要求 10	毕业要求 11	毕业要求 12							
							实验	其他		1	2	3	4	5	6	7	8																			
专业必修课	16A16223	考查	爆破工程	2	32	26	6	0						32			M	L																		
	16A11020	考查	弹性力学基础	2	32	32	0	0						32			H																			
	16A11018	考查	露天采矿学	2.5	40	40	0	0							40		H				M															
	16A11019	考查	露天矿运输	2	32	32	0	0							32		L	H										M								
	16A11015	考查	系统工程	2	32	24	8	0								32	M															H				
	<b>小计</b>				<b>10.5</b>	<b>168</b>	<b>154</b>	<b>14</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>64</b>	<b>72</b>	<b>32</b>	<b>0</b>																		
专业选修课	16A11014	考查	工程 CAD	2	32	16	16	0						32							H															
	16A11024	考查	工业技术经济学	2	32	32	0	0							32				L														H			
	16A11023	考查	应用运筹学 B	2	32	32	0	0						32			L				M															
	16A11091	考查	工程概算与管理	2	32	32	0	0							32							L												H		
	16A11095	考查	矿山环境保护	2	32	32	0	0							32	L		M					H													
	16A11093	考查	矿业投资经济学	2	32	32	0	0							32								L											H		
	16A11017	考查	露天矿边坡工程	2.5	40	36	4	0							40	M							L	M											H	
	16A11074	考查	露天矿建模与优化技术	2	32	24	8	0							32				M		H															
	16A11026	考查	专业外语（采矿工程）	2	32	32	0	0							32			M														H		M		
<b>小计</b>				<b>18.5</b>	<b>296</b>	<b>268</b>	<b>28</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>96</b>	<b>0</b>	<b>200</b>	<b>0</b>																			
专业选修课至少选修				<b>9</b>	<b>144</b>																															
通识教育选修课至少选修				<b>10</b>	<b>160</b>																															
必修课总学分数				<b>120.5</b>	<b>2022</b>	<b>1790</b>	<b>160</b>	<b>48</b>	<b>24</b>	<b>328</b>	<b>398</b>	<b>344</b>	<b>416</b>	<b>216</b>	<b>280</b>	<b>32</b>	<b>0</b>																			
总学分数				<b>139.5</b>	<b>2326</b>																															
课内总学时					<b>2254</b>																															



# 采矿工程专业本科教学进程表

表 4-4 专业课程教学进程表

方向名称：地下建设工程

类别与性质	课程编号	考核方式	课程名称	总学分	总学时	理论教学	实践教学		自主学习	开课学期及学时								毕业要求 1	毕业要求 2	毕业要求 3	毕业要求 4	毕业要求 5	毕业要求 6	毕业要求 7	毕业要求 8	毕业要求 9	毕业要求 10	毕业要求 11	毕业要求 12								
							实验	其他		1	2	3	4	5	6	7	8																				
专业必修课	16A16223	考查	爆破工程	2	32	26	6	0						32						M	L																
	16A11020	考查	弹性力学基础	2	32	32	0	0						32						H																	
	16A11096	考查	地下结构力学	2	32	32	0	0						32						M	L	M			M												
	16A11014	考查	工程 CAD	2	32	16	16	0						32										H													
	16A11097	考查	地下建设结构设计	2	32	32	0	0							32						M					M											
	16A11098	考查	钢筋砼与桩基工程	2.5	40	40	0	0													M					M											
	<b>小计</b>				<b>12.5</b>	<b>200</b>	<b>178</b>	<b>22</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>128</b>	<b>32</b>	<b>40</b>	<b>0</b>																			
专业选修课	16A11099	考查	工程地质学	2	32	32	0	0						32						M	L					L											
	16A11083	考查	现代岩土测试技术	2	32	32	0	0						32								L	H	M													
	16A11023	考查	应用运筹学 B	2	32	32	0	0						32						L				M													
	16A11100	考查	深基坑与高边坡工程	2	32	32	0	0							32						M	M			L												
	16A11026	考查	专业外语（采矿工程）	2	32	32	0	0							32							M								H			M				
	16A11104	考查	地下防护工程	2	32	32	0	0													M		M												M		
	16A11103	考查	地下工程监测与 IT 技术	2	32	32	0	0															L	H	M												
	16A11101	考查	地下建设工程灾害防治	2	32	32	0	0															M		L												
	16A11102	考查	地下空间规划与设计	2	32	32	0	0														H		M													
	16A11091	考查	工程概算与管理	2	32	32	0	0																		L									H		
	16A11024	考查	工业技术经济学	2	32	32	0	0															L												H		
<b>小计</b>				<b>22</b>	<b>352</b>	<b>350</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>96</b>	<b>64</b>	<b>192</b>	<b>0</b>																				
专业选修课至少选修				<b>9</b>	<b>144</b>																																
通识教育选修课至少选修				<b>10</b>	<b>160</b>																																
必修课总学分学时				<b>122.5</b>	<b>2054</b>	<b>1814</b>	<b>168</b>	<b>48</b>	<b>24</b>	<b>328</b>	<b>398</b>	<b>344</b>	<b>416</b>	<b>280</b>	<b>240</b>	<b>40</b>	<b>0</b>																				
总学分学时				<b>141.5</b>	<b>2358</b>																																
课内总学时					<b>2286</b>																																



## 采矿工程专业本科教学进程表

表 5-2 实践教学环节进程表

方向名称：露天开采

性质	课程编号	课程名称	总学分	集中进行	分散进行	开课学期								毕业要求 1	毕业要求 2	毕业要求 3	毕业要求 4	毕业要求 5	毕业要求 6	毕业要求 7	毕业要求 8	毕业要求 9	毕业要求 10	毕业要求 11	毕业要求 12																
				周次	学时	1	2	3	4	5	6	7	8																												
必修	16C14014	信息技术基础上机实践	0.5	0	20	√												M																							
	16C18110	大学英语实践 1	1	1	0	√																												H							
	16C11005	公益活动（采矿工程）	1	1	0		√																																		
	16C14015	C 语言上机实践	1.5	0	60		√												M																						
	16C18111	大学英语实践 2	1	1	0		√																													H					
	16C19001	思想政治理论社会实践 1	1	1	0		√																														M				
	16C14003	金工实习 C	2	2	0			√																													M				
	16C18112	大学英语实践 3	1	1	0			√												L	L																				
	16C19002	思想政治理论社会实践 2	1	1	0			√																														H			
	16C30001	军事技能训练	2	2	0			√																														M			
	16C11021	认识实习（采矿工程）	2	2	0				√																														L	L	
	16C11030	矿压课程设计	1	1	0					√						M		H																				H			
	16C12024	地质实习	1	1	0				√								M																								
	16C11025	生产实习（采矿工程）	4	4	0						√																M												M		
	16C11029	采矿课程设计	2	2	0					√						M		H																					H		
	16C11031	露天矿设计原理课程设计	1	1	0							√						H																					L		
	16C11036	矿井通风课程设计	1	1	0							√				H		M					L																		
	16C11001	专业综合设计（采矿工程）	3	3	0								√			M	M																							H	
	16C11013	毕业实习（采矿工程）	3	3	0									√														H												H	H
	16C11017	毕业设计（论文）（采矿工程）	15	15	0									√		H	H	H										H	H											H	H
<b>小计</b>			<b>45</b>	<b>43</b>	<b>80</b>																																				

# 采矿工程专业本科教学进程表

表 5-3 实践教学环节进程表

方向名称：金属矿开采

性质	课程编号	课程名称	总学分	集中进行	分散进行	开课学期								毕业要求 1	毕业要求 2	毕业要求 3	毕业要求 4	毕业要求 5	毕业要求 6	毕业要求 7	毕业要求 8	毕业要求 9	毕业要求 10	毕业要求 11	毕业要求 12											
				周次	学时	1	2	3	4	5	6	7	8																							
必修	16C14014	信息技术基础上机实践	0.5	0	20	√												M																		
	16C18110	大学英语实践 1	1	1	0	√																													H	
	16C11005	公益活动（采矿工程）	1	1	0		√																L	M	M											
	16C14015	C 语言上机实践	1.5	0	60		√												M																	
	16C18111	大学英语实践 2	1	1	0		√																												H	
	16C19001	思想政治理论社会实践 1	1	1	0		√																													M
	16C14003	金工实习 C	2	2	0			√																												M
	16C18112	大学英语实践 3	1	1	0			√											L	L																
	16C19002	思想政治理论社会实践 2	1	1	0			√																												H
	16C30001	军事技能训练	2	2	0			√																												M
	16C11021	认识实习（采矿工程）	2	2	0				√														L													L
	16C11030	矿压课程设计	1	1	0					√						M		H																	H	
	16C12024	地质实习	1	1	0				√							M																				
	16C11029	采矿课程设计	2	2	0					√						M		H																		H
	16C11025	生产实习（采矿工程）	4	4	0						√													M												M
	16C11036	矿井通风课程设计	1	1	0							√				H		M						L												
	16C11045	金属矿床地下开采课程设计	1	1	0							√						H																		
	16C11001	专业综合设计（采矿工程）	3	3	0								√			M	M		L																	H
	16C11013	毕业实习（采矿工程）	3	3	0									√											H											H
	16C11017	毕业设计（论文）（采矿工程）	15	15	0									√	H	H	H							H	H										H	H
	<b>小计</b>		<b>45</b>	<b>43</b>	<b>80</b>																															

# 采矿工程专业本科教学进程表

表 5-4 实践教学环节进程表

方向名称：地下建设工程

性质	课程编号	课程名称	总学分	集中进行	分散进行	开课学期								毕业要求 1	毕业要求 2	毕业要求 3	毕业要求 4	毕业要求 5	毕业要求 6	毕业要求 7	毕业要求 8	毕业要求 9	毕业要求 10	毕业要求 11	毕业要求 12												
				周次	学时	1	2	3	4	5	6	7	8																								
必修	16C14014	信息技术基础上机实践	0.5	0	20	√												M																			
	16C18110	大学英语实践 1	1	1	0	√																													H		
	16C11005	公益活动（采矿工程）	1	1	0		√																														
	16C14015	C 语言上机实践	1.5	0	60		√												M																		
	16C18111	大学英语实践 2	1	1	0		√																													H	
	16C19001	思想政治理论社会实践 1	1	1	0		√																													M	
	16C30001	军事技能训练	2	2	0			√																												M	
	16C14003	金工实习 C	2	2	0			√																													L
	16C18112	大学英语实践 3	1	1	0			√																													H
	16C19002	思想政治理论社会实践 2	1	1	0			√																													M
	16C11021	认识实习（采矿工程）	2	2	0				√																												L
	16C11029	采矿课程设计	2	2	0					√						M			H																	H	
	16C11030	矿压课程设计	1	1	0					√						M			H																	H	
	16C12024	地质实习	1	1	0				√									M																			
	16C11025	生产实习（采矿工程）	4	4	0						√																										M
	16C11036	矿井通风课程设计	1	1	0						√					H			M																	L	
	16C11046	地下建设结构设计课程设计	1	1	0							√							H																	L	
	16C11001	专业综合设计（采矿工程）	3	3	0							√				M	M																			H	
	16C11013	毕业实习（采矿工程）	3	3	0								√																							H	
	16C11017	毕业设计（论文）（采矿工程）	15	15	0								√			H	H	H																	H		
<b>小计</b>			<b>45</b>	<b>43</b>	<b>80</b>																															L	

## 采矿工程专业本科教学进程表

表 6 创新创业教学环节进程表

性质	编号	名称	总学分	总学时	进程	毕业要求 1	毕业要求 2	毕业要求 3	毕业要求 4	毕业要求 5	毕业要求 6	毕业要求 7	毕业要求 8	毕业要求 9	毕业要求 10	毕业要求 11	毕业要求 12	
必修	16D30001	创业基础课	2	32	第 5 学期									M				
	16D11013	大学生创新创业训练项目（采矿工程）	3		第 5-7 学期				H					M	H		H	
	16D11011	科研导论课（采矿工程）	1	16	第 2 学期		L											
	16D11012	选题训练（采矿工程）	1		第 4 学期		L							M	L		M	
选修	16D11015	毕业设计（论文）结合科研（采矿工程）			在校期间		M		L									
	16D10003	创业实践			在校期间									M	L		M	
	16D1000X	大学生学科竞赛			在校期间				M					M				
	16D10002	科技创新与发明			在校期间				M							M		
	16D11047	社会调查（采矿工程）			在校期间								L	M				
	16D11016	学术交流活活动（采矿工程）			在校期间											H		
	16D10001	学术研究及论文发表			在校期间				H									M
	16D11014	研究性实验项目（采矿工程）			在校期间				M	M								

## 附件 9.4 《煤矿开采学》课程实验教学大纲

### 《煤矿开采学》课程实验教学大纲

#### 一、课程基本信息

课程编号	16A11007			
课程中文名称	煤矿开采学			
课程英文名称	Coal Mining			
课程性质	专业核心课			
总学时	72	总学分	实验学时	6
适用专业	采矿工程、矿山通风安全、工程力学、地质、测绘、管理工程、矿山机电			
先修课程	矿山地质学、测量学基础、矿山机械、认识实习			
教材	《采矿学》，杜计平.孟宪锐主编，中国矿业大学出版社，2014.1			
专业负责人		课程负责人	张勇	
开课单位	矿业工程系			

#### 二、实验基本要求

1. 实验 1 通过演示各种采煤工艺中采、装、运、支、处等各工序和矿井准备方式，使学生对采煤工艺和矿井的地面工业广场与采区准备方式有一定的掌握，从而满足采矿工程专业中对煤炭开采工艺和采区巷道布置的感性认识。
2. 实验 2 矿井开拓是在某一井田范围内，为了采煤从地面向地下开掘一系列巷道进入煤体。通过模型演示，简介矿井提升、运输、通风、排水和动力供应等生产系统。要求学生初步掌握在各种不同条件下选择合理的开拓方式，使其技术上可行，经济上合理。
3. 实验 3 要求学生通过一个矿井的立体模型绘制出该矿井的开拓开采巷道布置平面图，从而掌握矿井生产系统的建立和矿井平面图的绘制技术。

#### 三、实验教学内容

1. 实验一
  - 1) 介绍并演示各种采煤工艺及特点；
  - 2) 介绍地面工业广场的布置和矿井开拓方式及使用条件特点；
  - 3) 讲解并演示模型中工作面的工艺方式，设备布置及各工序之间的关系；
  - 4) 演示各种采煤工艺过程和通风、运煤、运料线路和系统。
2. 实验二
  - 1) 介绍并演示开拓方式分类及生产系统；

- 2) 介绍开拓方式确定原则;
- 3) 了解立井、斜井、平硐和综合开拓的基本特征;
- 4) 介绍并演示模型中的各种开拓方式特点与开拓巷道布置方式。

### 3. 实验三

本实验主要是通过具体矿井立体模型讲解和演示的结合, 掌握其巷道布置的立体空间概念, 并能够正确的绘制出该矿井的巷道布置平面图。

## 四、实验学时分配

序号	实验项目名称	实验学时	每组人数	实验属性	开出要求(必做或选做)	是否可以开放
1	采煤工艺及采区巷道布置	2(虚拟仿真)	15	操作性	必做	
2	矿井开拓	2(虚拟仿真)	15	操作性	必做	
3	煤矿开拓平面图的绘制	2	15	设计性	必做	
合计		6				是

## 五、主要参考书

1. 杜计平, 孟宪锐. 《采矿学》, 中国矿业大学出版社, 2014. 1.
2. 徐永圻. 《煤矿开采学》, 中国矿业大学出版社, 1999. 8
3. 张先尘, 钱鸣高. 《中国采煤学》, 煤炭工业出版社, 2003 年.
4. 徐永圻. 《中国采煤方法》, 中国矿业大学出版社, 1991. 8.

附件 9.5 计算机软件著作权登记证书

附件

**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4201124号

软 件 名 称： 综采放顶煤虚拟仿真教学系统  
V1.0

著 作 权 人： 中国矿业大学（北京）

开发完成日期： 2019年07月01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： 2019SR0780367

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. 04293712

  
中华人民共和国国家版权局  
计算机软件著作权  
登记专用章  
2019年07月29日

# 中华人民共和国国家版权局

## 计算机软件著作权登记事项变更或补充证明

编号： 软著变补字第201918799号



根据《计算机软件著作权登记办法》第十六条的规定，经中国版权保护中心审核，对以下登记的事项予以变更或补充：

登记号： 2019SR0780367

变更或补充事项：

软件名称

变更后内容：综采放顶煤虚拟仿真教学软件V1.0



No. 03275062

注：此变更证明书同计算机软件著作权登记证书一并使用。

## 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