

国家级虚拟仿真实验教学中心 申请书

井下虚拟仿真实验教学中心

学校主管部门: 安徽省教育厅

学 校 名 称: 安徽理工大学

学校管理部门电话: 0554-6631936

开放共享访问网址: <http://jxxnfz.aust.edu.cn>

申 报 日 期: 2014 年 10 月 6 日

填写说明

1. 申请书中各项内容用“小四”号仿宋体填写。
2. 表格空间不足的，可以扩展。

1. 基本情况

虚拟仿真实验教学中心名称		井下虚拟仿真实验教学中心				
实验教学示范中心名称 / 级别 (省级或国家级)		土木工程示范实习实训中心 / 省级		批准时间	2011.12	
实验教学示范中心主任	姓名	徐 颖	性别	男	年龄	49
	专业技术职务	教 授	学位	博士	联系固话 / 手机号码	0554-6668652 / 15956655885
	主要职责	<p>项目负责人，主要职责如下：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 根据井下相关专业人才培养目标，制订安徽理工大学井下虚拟仿真实验教学中心的总体发展规划； 2. 负责对中心建设方案、设备购置方案的论证与实施； 3. 负责中心的队伍建设，合理配置岗位，制定岗位责任制； 4. 组织中心教师围绕虚拟仿真实验开展教学研究与教学改革，组织申报、完成各级教研和科研课题； 5. 组织、领导、协调中心各虚拟仿真实验模块与对应项目的教学工作，确保教学质量； 6. 组织中心的科学研究、学术交流及社会服务工作； 7. 负责中心的日常管理工作。 				
	工作经历	<p>1988 年 7 月毕业于淮南矿业学院矿井建设专业，获工学学士学位；</p> <p>1995 年 7 月毕业于中国矿业大学矿井建设专业，获工学硕士学位；</p> <p>2003 年 12 月毕业于中国科学技术大学工程力学专业，获博士学位；</p> <p>1988 年 6 月 - 至今安徽理工大学，从事矿山建设方向的教学和科研工作。</p> <p>先后于 2009 年 12 月和 2002 年先后破格晋升为副教授、教授。现任矿山地下工程教育部工程研究中心副主任，矿山建设工程安徽省高校重点实验室主任。先后被遴选为教育部新世纪优秀人才、安徽省学术与技术带头人、安徽省高校学科拔尖人才、中国岩石力学与工程学会深部灾害控制专业委员会常务理事、煤炭工业技术委员会矿山建设专家委员会委员、中国岩石力学与工程学会岩石破碎与粉碎专业委员会委员、安徽省矿建专业委员会副主任委员、安徽省工程爆破协会副秘书长、安徽省岩石力学学会常务理事。</p>				

<p>教学科研 主要成果 (科研成果 限填 5 项)</p>	<p>教学成果:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 获省级优秀教学成果奖励 5 项; 2. 出版省部级规划教材 2 部; 3. 为土木工程国家级特色专业建设点、土木工程国家级卓越工程师培养计划(试点)、土木工程国家级工程实践教育中心、土木工程省级实习实训中心、《爆破工程》省级精品课程、矿山建设省级教学团队、城市地下空间工程新专业建设等质量工程项目负责人; 4. 主持省级教学研究项目 4 项; 5. 发表教学论文 10 余篇。 <p>科研成果:</p> <p>在矿井建设、岩土工程等方面做出了突出贡献,科研成果丰硕。享受政府特殊津贴;主持了国家自然科学基金、高等学校博士点基金、教育部科学技术重点项目、安徽省杰出青年基金等 20 多项科研课题;获省部级科学技术奖励 12 项;获得 3 项发明专利;出版学术专著 5 部;在核心期刊发表学术论文 100 余篇,其中 SCI、EI 等收录 28 篇,制定国家、行业和地方标准各 1 项。2003 年和 2005 年先后两次获安徽省青年科技创新奖,2005 年获淮南市五四青年奖章,2006 年获淮南市杰出青年科技创新奖青年教师奖,2009 年被遴选为安徽理工大学首批优秀学术创新群体带头人。</p> <p>(一)近五年主持纵向科研项目</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 教育部新世纪优秀人才资助项目(NCET-05-0559,主持人)《爆破动载作用对邻近硐室围岩稳定性的研究》,50 万元。 2. 国家自然科学基金项目(50774002,主持人)《深井高应力岩体内爆炸能量控制技术研究》,2007~2010 年,30 万元。 3. 国家自然科学基金项目(51174004,主持人)《爆炸载荷作用下深部矿井围岩分区破裂机理及控制研究》,2012~2015 年,60 万元。 4. 国家自然科学基金项目(51374012,主持人)《综采面超长深孔柱状装药爆破破裂机理及强制放顶技术研究》,2014~2017 年,80 万元。 5. 国家自然科学基金项目(51134012,技术负责人)《大断面巷道快速掘进与支护基础研究》,2012~2015 年,240 万元。
--	---

	<p>6. 高等学校博士学科点专项科研基金(20123415110001, 主持人), 爆炸荷载作用下 CBF/SiC 符合材料的动力响应和界面损伤失效机理研究, 2013~2015, 12 万元。</p> <p>7. 教育部科学技术重点项目 (2005069, 主持人), 爆炸载荷作用下深井裂隙岩体的损伤特性及围岩的稳定性研究, 8 万元。</p> <p>8. 高等学校博士学科点专项科研基金(200803610002, 主持人), 深井开采过程中爆炸能量控制与围岩稳定性的研究, 2009~2011 年, 6 万元。</p> <p>9. 安徽省自然科学基金 (070414167, 主持人), 爆破震动作用下深井巷道破坏特征的数值模拟研究, 2007~2008 年, 5 万元。</p> <p>10. 安徽省教育厅重点项目 (kj2007A060, 主持人) 动载作用下邻近洞室围岩动态响应与支护技术的研究, 2007~2008 年, 5 万元。</p> <p>11. 安徽省高校创新团队支持计划 (TD200705, 排名第二) 《新型爆破器材及现代控制爆破技术》, 2007~2008 年, 20 万元。</p> <p>(二)代表性论文 (著)</p> <p>1. 徐颖, 刘永胜等. 软弱层带爆炸注浆理论与实践[M].中国科学技术大学出版社, 2008.2.</p> <p>2. Xu ying, Sun Yong, Wang Haibo. Preliminary Analysis on the Broken Rock Zone of Deep Mine Tunnel under the Influence of Moving Load Created by Blasting [J]. Development on Engineering Blasting 2, 2009.10.</p> <p>3. 颜事龙, 胡坤伦, 徐颖. 现在工程爆破理论与实践[M].中国矿大出版社, 2007.10.</p> <p>4. 夏红兵, 徐颖. 煤系高岭土开采技术研究[M].中国矿大出版社,2012.05.</p> <p>5. 徐颖,沈兆武,孟益平.爆炸载荷作用下刻槽炮孔动态裂纹扩展规律[J].中国科学技术大学学报,2003,33(2):184-190.</p> <p>6. 徐颖,孟益平,宗琦,沈兆武. 断层带爆炸裂隙区范围及裂纹扩展长度的研究[J].岩土力学,2002,23(1):81-84.</p> <p>7. 徐颖,罗良友.冻结管爆破注浆加固研究[J].矿冶工程,2001,21(2):21-23.</p> <p>8. XU Ying, CHENG Yu-sheng. Study of Pressure for coal-breaking with Compressed Air on Model Test[J].中国矿业大学学报(英文版),2001,11(1):60-64.</p> <p>9. 徐颖,梦益平,程玉生.装药不偶合系数对爆破裂纹控制的试验研究[J].岩石力学与工程学报,2002,21(12):1843-1847.</p>
--	---

	<div>(三)获奖情况</div> <div>1.《井巷掘进大孔距崩落爆破模型实验研究》成果，主持人,获 2003 年度中国煤炭工业科学技术三等奖。</div> <div>2.《井巷掘进爆破参数优化研究》成果，主持人，获 2002 年度安徽省科学技术三等奖。</div> <div>3.《软弱层带爆炸注浆共生机理及应用研究》，主持人，获 2003 年度安徽省科学技术三等奖。</div> <div>4.《地下工程爆破理论及应用》成果，主持人，获 2003 年安徽省高校优秀科技成果一等奖，江苏省优秀科技图书二等奖。</div> <div>5.《炮孔水耦合装药爆破破岩机理模型试验研究》成果，排名第二，获 2004 年度安徽省科学技术三等奖 2003 年。</div> <div>6.《黄淮地区大直径深立井快速掘进技术研究》排名第二，获 2006 年安徽省科学技术三等奖。</div> <div>7.《淮南矿区高应力软岩巷道底鼓机理及修复加固技术研究》成果，排名第二；获 2006 年中国煤炭工业科学技术三等奖。</div> <div>8.《深立井掘进突水机理及综合注浆堵水技术研究》排名第二，获 2008 年安徽省科学技术三等奖。</div> <div>9.《煤矿深井岩巷掘进动态破岩与围岩控制技术研究》排名第二，获 2009 年安徽省科学技术三等奖。</div> <div>10.《深部高应力软岩巷道非对称变形机理及控制对策研究》排名第二，获 2012 年中国煤炭工业科学技术三等奖。</div>											
虚拟仿真实验教学中心	教师基本情况		正高	副高	中级	其它	博士	硕士	学士	其它	总人数	平均年龄
		人数	12	27	9	4	30	18	4	0	52	42.6
		占总人数比例	23.1%	52.0%	17.3%	7.6%	58.0%	34.6%	7.6%	0		
	实验教学情况	实验课程数		面向专业数			实验学生人数/年			实验人时数/年		
		26		10			1100			22000		

2. 建设内容

2-1 虚拟仿真实验教学中心的建设概况

安徽理工大学是一所以工科为主，工、理、管、医、文、经、法等学科协调发展的省属重点大学。先后经历了安徽省立工业专科学校、淮南煤矿工业专科学校、淮南煤炭学院、淮南矿业学院、淮南工业学院、安徽理工大学等多个重要的发展阶段。学校全面贯彻落实科学发展观，把人才培养作为根本任务，坚持以教学为中心，以学科建设为龙头，不断深化教育教学改革，提高教学质量和人才培养质量，培养有社会责任感、理论和实践能力强、富有创新精神的高素质人才，形成了“厚基础、重实践、求创新、高素质”的育人特色和“志存高远、追求卓越、求真务实”的校园精神。近年来，学校本科毕业生就业率均在 96% 以上，两次被教育部授予“全国普通高等学校毕业生就业工作先进集体”称号；连续六次被评为“安徽省普通高等学校毕业生就业工作标兵单位”；被授予“2011-2012 年度全国毕业生就业典型经验高校”。学校在教育部本科教学工作水平评估中获得“优秀”，2011 年入选教育部第二批卓越工程师教育培养计划实施高校，2012 年入选国家发改委、教育部组织实施的中西部高校基础能力建设工程 100 所高校名单。

安徽理工大学矿井建设专业历史悠久，是创办最早的专业之一，是学校的特色专业和品牌专业之一，始于 1945 年的安徽省蚌埠高级工业职业学校创办的土木科，迄今已有 60 余年的办学历史。矿井建设是学校的优势学科，1982 年开始招收硕士研究生，1984 年获批矿山建设工程硕士学位授权点，1997 年获批结构工程硕士学位授权点，2002 年获批建筑与土木工程领域工程硕士授予权，2004 年被列为“安徽省省级教改示范专业”，2005 年获得土木工程一级学科硕士授予权，2008 年获首批教育部第一类特色专业建设点，2010 年获土木工程一级学科博士授予权，2011 年获批土木工程一级学科博士后科研流动站。

安徽理工大学井下虚拟仿真实验教学中心依托平台包括煤矿深井建设技术国家工程实验室、矿山地下工程教育部工程研究中心、土木工程国家级工程实践教育中心、土木工程省级示范实习实训中心、现代矿业工程安徽省重点实验室、矿山建设工程安徽省高校重点实验室等，以土木建筑学院为主体，整合能源与安全学院、理学院、地球与环境学院等多家实验教学优势资源组建而成，其开放共享访问网址：<http://jxxnfz.aust.edu.cn>，如图 1 所示。主要由矿井三维建模漫游及规划设计展示平台、特殊法凿井虚拟仿真实验平台、矿山井筒虚拟实验平台、矿井爆破施工虚拟仿真实验平台、巷道支护虚拟实验教学平台、综采工作面虚拟仿真平台等 6 个仿真实验平台组成，中心建筑面积 2000 余 m^2 ，拥有教学、实验仪器设备 3500 台(套)，具有完备的

网络硬件条件和丰富的实验教学仿真软件系统。安徽理工大学井下虚拟仿真实验教学中心所在的土木建筑学院注重国际交流，学科前沿发展和课程系统的创新，较早地在本科生和研究生的教学中开展了井下虚拟仿真的教学工作。安徽理工大学井下虚拟仿真实验教学中心的建设概况如下：



图 1 井下虚拟仿真实验教学中心信息访问平台

1. 师资结构合理、力量雄厚

安徽理工大学井下虚拟仿真实验教学中心现有专职教师 52 名，正高职称 12 人，副高职称 27 人，博士生导师 9 人，教育部新世纪优秀人才 2 人，安徽省学术技术带头人 4 人，安徽省高校学科拔尖人才 2 人，享受国务院特殊津贴 4 人，安徽省教坛新秀 1 人。其中有 28 名教师具有国家一级注册结构工程师、注册岩土工程师、一级建造师等证书，为开展井下虚拟仿真实验教学提供了支撑条件。

2. 拥有高水平科研实践平台

安徽理工大学井下虚拟仿真实验教学中心依托的科研平台包括拥有“矿山地下工程教育部工程研究中心”、“煤矿深井建设技术国家工程实验室”、“现代矿业工程安徽省重点实验室”、“矿山建设工程安徽省高校重点实验室”、“土木工程省级示范实习实训中心”、“安徽理工

大学-中煤矿山建设集团共建土木工程国家级工程实践教育中心”等高水平科研和教学平台。

中心主要面向土木工程、城市地下空间工程、采矿工程、安全工程、地质工程、工程管理、建筑环境与能源应用工程等专业的学生和研究生。中心拥有建筑工程、岩土力学、地下工程结构、道路桥梁和冻土工程等实验室；有地下工程结构研究所、爆破工程研究所、冻土工程研究所、道路工程研究所、土木工程材料研究所、岩土锚固与注浆技术研究所、土木工程计算中心等研究机构；有安徽理工大学建筑工程设计室、安徽理工大学爆破技术公司和淮南市科信工程监理事务所三个实体机构。

3. 重点学科及学位点设置齐全

安徽理工大学井下虚拟仿真实验教学中心主要服务的土木工程（矿井建设）学科是学校特色和优势学科，学科历史悠久，矿井建设学科方向在国内外具有重要的学术地位和行业影响。岩土工程与结构工程为安徽省重点学科；矿山建筑工程为原煤炭工业部重点学科。土木工程学科拥有一级学科博士学位授予权和一级学科硕士学位授予权，同时拥有建筑与土木工程和矿业工程 2 个工程硕士学位授予权，1 个工程管理硕士专业学位授予权。2011 年获批土木工程一级学科博士后科研流动站。

4. 实践实训基地完备

目前中心已于中煤矿山建设集团有限公司、淮南矿业集团有限责任公司、淮北矿业集团有限责任公司和中煤第五建设集团等 10 家国有大中型企业签署合作协议，建立了校外实践实训基地，签约企业情况如表 1 所列。

表 1 中心合作企业情况一览表

序号	企业名称	实习实训专业内容
1	中煤矿山建设集团有限公司	巷道工程、井壁结构
2	淮南矿业集团有限责任公司	爆破工艺、冻结法、钻井法、综采
3	淮北矿业集团有限责任公司	冻结法、钻井法、爆破施工、综采
4	新集集团有限责任公司	钻井法、冻结法、爆破施工、综采
5	中铁四局集团有限公司	巷道支护
6	合肥煤炭设计研究院	井筒设计、巷道设计
7	中煤第五建设集团	冻结法凿井
8	中煤科工集团建井设计研究院	井筒设计
9	马钢集团有限公司	井筒施工
10	铜陵有色集团	矿井巷道施工

5. 学科特色明显

安徽理工大学井下虚拟仿真实验教学中心在冻土力学与工程、地下工程结构、巷道支护与快速掘进技术和岩土工程爆破等方向具有明显的特色和优势，在国内外享有较高的学术声誉和地位。

围绕困难条件下煤矿深井和特大市政工程冻结法施工重大技术难题，深入研究人工冻土的力学行为和深井冻结壁形成与融化规律，揭示了水热力耦合冻结壁受力机理，创新了深井冻结法设计理论，推动了冻结法技术进步。“广州地铁超水平冻结关键技术研究”等标志性成果获省科学技术一等奖。

针对复杂地质条件下矿山地下结构设计基础理论问题，研发了国内加载能力最大的矿山地下工程结构试验系统，研制了新型系列高强井壁结构，并提出了相应的设计计算方法；首创并完善了特殊地层井壁破裂防治理论。研究成果获国家科技进步二等奖。

为实现矿山高效破岩与安全生产，深入研究了爆炸能量传递与控制机理，完善了深井爆破破岩理论；创新了岩土爆炸能量控制成套技术；首创了高瓦斯低透气松软突出煤层爆破增透技术。研究成果获国家科技进步二等奖。

首创了冻结、注浆、凿井“三同时”施工工艺；发展了深埋巷道围岩控制施工理论；研制了系列新型井巷施工装备，集成创新了机械化施工配套作业方式，多次刷新国内井巷和隧道安全施工纪录。

6. 研究实力雄厚，教学科研成果显著

中心参与教育部和建设部共同主办的土木工程专业规范研制课题，在土木工程专业培养方案的修订、教材大纲的编写和教育教学方法探讨等方面做了大量的工作，取得了显著的成绩。

近年获国家级教研课题 10 项，省部级教研课题 30 项。“改革毕业设计指导方法培养创新能力的高素质人才”获省级优秀教学成果二等奖，“土木工程开放实验室的建设与运行”获省级优秀成果三等奖，“土力学地基基础课程建设与实践教学研究”等 3 项成果获安徽理工大学优秀教研成果奖，发表教研论文 125 篇，出版专著、教材 22 部。

专业建设成果显著。2008 年土木工程遴选为国家级特色专业建设点，同时也是国家级卓越工程师培养计划试点单位，2012 年与中煤矿山建设集团联合成功申报土木工程国家级工程实践教育中心，2011 年土木工程专业获批省级实习实训中心中心建设单位。

目前，中心拥有《土力学》、《爆破工程》等 6 门安徽省精品课程，《地下工程施工技术》1 门校级精品课程。2008 年“土木工程专业教学团队”遴选为校级优秀教学团队；2010 年“矿山建设系列课程教学团队”遴选为安徽省优秀教学团队，2012 年“城市地下空间工程系列课程教

学团队”遴选为校级优秀教学团队。

长期以来，中心以服务社会为宗旨，产、学、研相结合，大力开展科学研究。近 5 年来，承担国家级和省部级科研课题 58 项，横向科研课题 160 余项，研究经费达 7615 万元；获国家科技进步二等奖 2 项，省部级以上科学技术奖励 33 项；获国家发明专利 12 项；发表学术论文 541 篇，其中 SCI、EI、ISTP 收录 112 篇；“新型爆破器材及现代控制爆破技术”遴选为安徽省高校省级科技创新团队，“岩石动力学及现代控制爆破技术”遴选为安徽理工大学首批优秀创新学术团队。

2-2 虚拟仿真实验教学中心建设的必要性

井下相关专业设计面很广，以土木工程专业矿井建设工程方向为例，矿井建设工程是建造各类矿井工程设施的科学技术的统称。它既指工程建设的对象，即建造立井、巷道等工程设施；也指其所应用的材料、设备和所进行的勘测、设计、施工、管理、保养、维修等专业技术，涉及到勘察、设计、施工等过程的复杂系统。如果采用真实的现场实验教学，不仅初始投入成本极高，且受到场地等资源的限制，维护成本在教学中难以承受（大型矿山井下工程结构实验）；同时，仅采用真实的实验操作系统，多种高风险性操作（如爆破参数测试、冲击动力学测试等）以及系统的深层次排故训练在大规模教学中都是无法实现的；此外，企业因为生产和安全的压力，给予学生到一线实践的时间和空间越来越小，到煤矿一线实验、实习难以达到预期效果。因此，针对矿井建设工程复杂、综合、动态、大场景的特点，运用虚拟仿真技术，建设体现现代科技水平和行业需求的虚拟仿真实验教学资源，与实物实验教学有机结合，是解决矿井建设工程等井下相关专业教育的必由之路。

随着信息技术的快速发展，具有实时动态演示、专业全面综合、过程协同建设等特征的井下实验教学采用传统实体实验、试验方法是无法实现的，而在现代的仿真和虚拟技术的支持下，是完全可以实现的。仿真技术可对井下各类项目系统进行抽象和简化形成系统模型，并经过软件设计，建立仿真模型，实现数值仿真、可视化仿真和虚拟现实仿真。虚拟现实技术可实现虚拟建造，综合集成人工智能、计算机图形学、人机接口技术、多媒体工业建筑技术、网络技术、电子技术、机械技术等高新技术，并通过人机交互技术实现虚拟场景的创建和控制功能，可支持真实感的建筑施工动态模拟以及对虚拟场景的控制。虚拟仿真技术综合了虚拟现实和系统仿真的各自优点，既可使用户在虚拟环境中产生直观性、逼真性和沉浸感，也可实现人机交互和系统决策。虚拟仿真实验教学可以促进学生在校内实验室亲身体验井下全过程建设及技术工艺、管理工作，实现专业人才培养与行业企业需求的“零距离”对接，提高人才培养的社会适应性。与此同时，通过全过程的综合仿真训练，加强不同专业、各年级学生间的专业思维、实践交流与合作意识，达到锻炼学生的实践能力、自学能力、研究能力、创造能力、表达能力与组织管理能力的目的。

2-3 虚拟仿真实验教学资源（罗列实验项目、功能及效果等）

为满足行业工程教育的迫切需求，依托多项国家级、省部级科研成果，大力推进矿山井下虚拟仿真教学资源的研究与建设，构建了先进的虚拟仿真技术架构、平台和工具。以矿井建设工程设计、施工仿真为发展方向，针对矿井建设工程仿真中立体拓扑的特点，研究建立支持快速仿真的基础模型、开发矿井建设工程仿真数据综合集成与服务平台、建立面向矿井建设工程设计、施工仿真的基础数据共享数据库支持环境；针对矿井建设工程实践教学中的“虚实结合”要求，研制现代虚拟仪器与工程相融合的仿真技术和工具。

多年来，在系统规划和设计的基础上，井下虚拟仿真实验教学中心遵循井下相关专业的标准、技术规范的要求，通过自主开发和行业资源集成相结合的方式，采用数字化全仿真技术和半实物仿真技术，“虚实结合”，充分展现和积极拓展矿井建设工程设计和施工的内容和深度，建设三维建模漫游及规划设计展示平台、特殊法凿井虚拟仿真实验平台、矿山井筒虚拟实验平台、矿井爆破施工虚拟仿真实验平台、巷道支护虚拟实验教学平台、综采工作面虚拟仿真平台等 6 个平台，广泛应用于土木工程（矿井建设工程、建筑工程、道路桥梁工程、岩土与地下工程等专业方向）、城市地下空间工程、采矿工程、安全工程、地质工程等土建类及能源类学科专业的工程实践教学和研究生阶段的教学、科研与工程项目开发。图 2 为井下虚拟仿真实验教学中心教学资源体系。

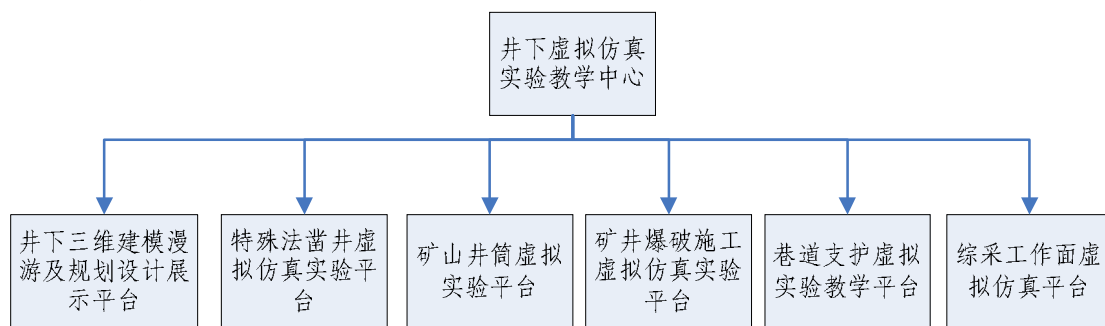


图 2 井下虚拟仿真实验教学中心教学资源体系

1. 井下三维建模漫游及规划设计展示平台

矿山井下生产系统是由立井、各种巷道、硐室以及各种辅助设备（包括通风、排水、供电、除尘、防灾等）组成的极其复杂、综合的系统。如果按照常规的教学和实验方法，学生仅仅通过教材和课堂上教师的讲授，学生很难形成准确的感性认识，造成教学效果差。学生只有通过认识实习、生产实习和毕业实习进入井下才能真正认识和体验实际的矿井建设工程。而矿井建设工程都位于煤矿企业，一来离校园比较远，不易于安排教学；二来由于煤矿企业生产和安全的要求，不能随时允许学生下井参观学习，不便于让学生参与一线实践，且实践教学效果有限。

基于以上矿井建设工程专业教学过程中存在的问题，基于虚拟现实技术的建立了，井下三维建模漫游及规划设计展示平台，如图 3 所示。图 4 为现代化矿井模型，图 5 为井下巷道施工工作面三维漫游画面。

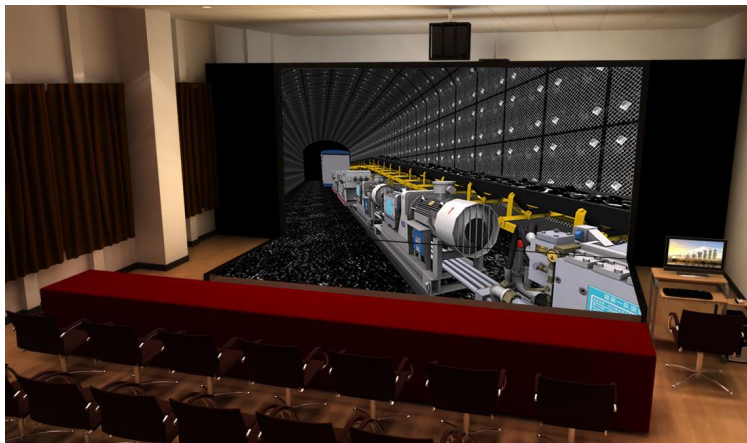


图 3 井下三维建模漫游及规划设计展示平台



图 4 现代化矿井模型

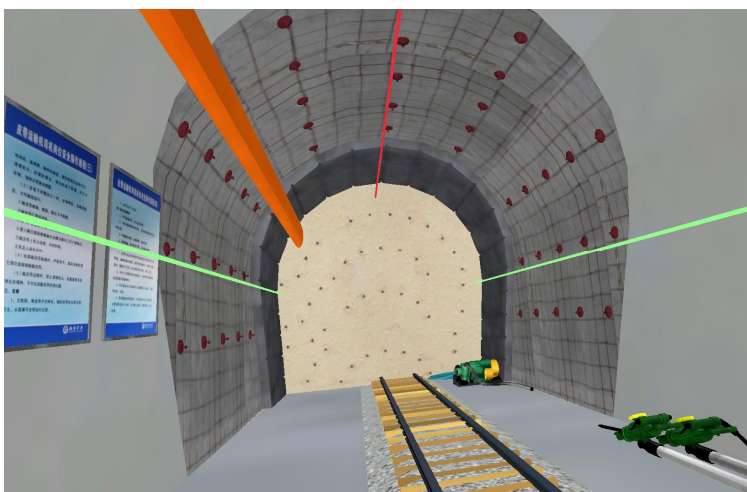


图 5 井下巷道施工工作面三维漫游

基于虚拟现实技术的展示手段通过创建和表现虚拟物体与虚拟空间，使信息的展示方式有

了新的途径和形式，使信息更直观、高效的传递。“虚拟现实”概念来自英文“Virtual Reality”，简称 VR 技术。从技术层面来讲，虚拟现实技术是集成了计算机图形(CG)技术、计算机仿真技术、人工智能、传感技术、显示技术、网络并行处理等技术的最新发展成果，是一种由计算机技术辅助生成的高新技术模拟系统。

在井下三维建模漫游及规划设计展示平台中可以做矿井建设工程规划设计、三维建模、漫游，而且可让教学演示和内容修改同时进行，既可减少实验室资金的投入及建设的个数，又可以提高实验室的利用率及教学效率。

支撑项目：矿井建设工程认识实习；矿井建设工程生产实习；矿井建设工程毕业实习；采煤概论，矿山建设工程，井巷工程等专业课程及实验内容。

2. 特殊法凿井虚拟仿真实验平台

冻结法凿井是安徽理工大学特色专业学科方向之一，具有鲜明的学科特色。拥有国内先进的、测试内容较为全面的冻土物理力学性能试验仪器设备，是国内一个重要的人工冻土物理力学性能试验基地，在国内同行中享有重要的学术地位。

该平台开设有冻结法凿井信息化仿真实验、冻结法凿井相似模型实验、冻结法凿井施工力学仿真实验等 3 个仿真实验项目。

2.1 冻结法凿井信息化仿真实验

该实验借助于自主研发的冻结法凿井安全信息可视化网络系统、冻结法施工计算机信息化管理系统和冻结法凿井冻结温度实时监测系统。冻结法凿井安全信息可视化网络系统如图 6 所示。

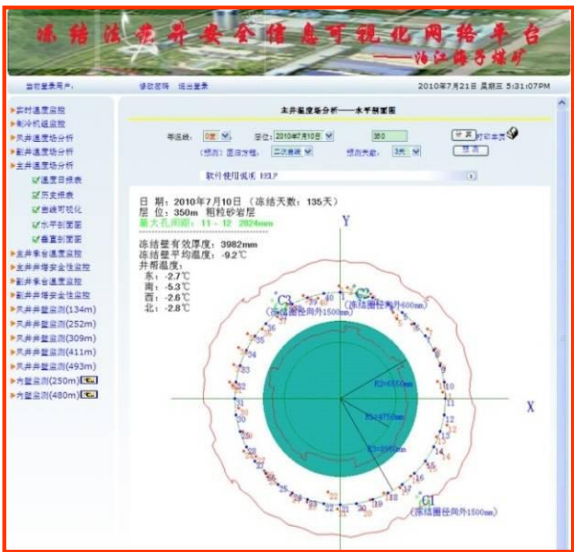


图 6 冻结法凿井安全信息可视化网络系统

学生根据该系统设计不同冻结参数（地层、冻结布置、盐水流量、井筒直径等），计算机仿

真冻结壁温度场发展情况，获得冻结壁强度及掘进参数等。

冻结法施工计算机信息化管理系统如图 7 所示，该系统能帮助学生了解冻结法施工工艺、过程、控制措施，并能分析冻土冻结过程，解决了因现场条件等原因无法做实验、学生观察不到冻结过程，因而造成教学质量低下的问题，提供一种既能让学生动手操作、又能在计算机的显示器上观察冻结效果的仿真实验系统，以较低的成本保证了教学效果与质量，提高了教学的真实度和效果。该系统可考虑工程的不同地质和工程条件，进行冻结温度场实时监测、冻结壁发展预测，并能对人工冻结壁的温度场、应力场状态进行分析，对深井冻结法凿井工程的安全和施工安排起到了重要的指导作用，效果如图 8 所示。



图 7 冻结法施工计算机信息化管理系统

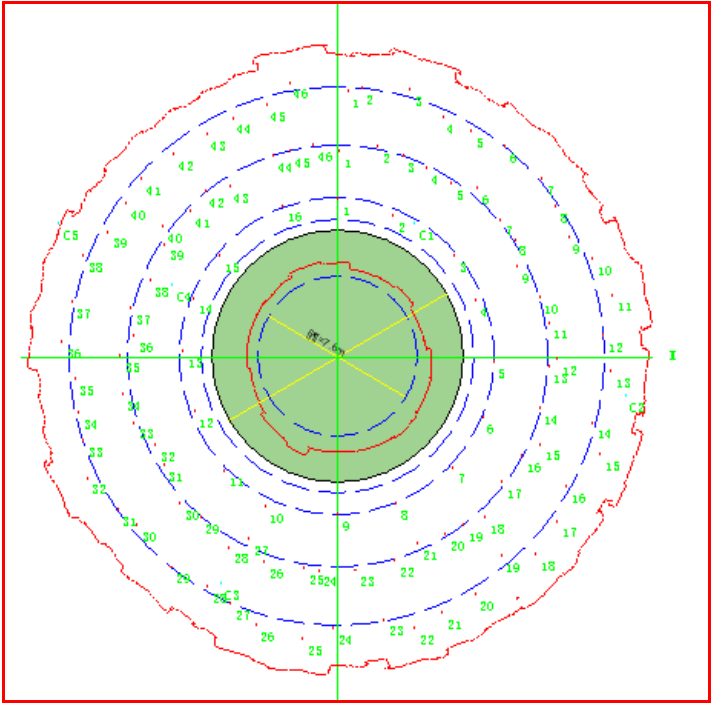


图 8 冻结温度场预测结果

基于数字式温度传感器的单片机“一线总线制”，自主研制了冻结法凿井冻结温度实时监测

系统，如图 9 所示，可同时采集多路上百个点的温度信号，量测距离超过 1000m，精度高（0.1℃），系统使用稳定方便。集计算机技术、数值模拟技术、可视化技术与一体的冻结法信息可视化管理软件，可进行冻结壁发展的预测、力学状态分析等，软件图文并茂，操作方便。

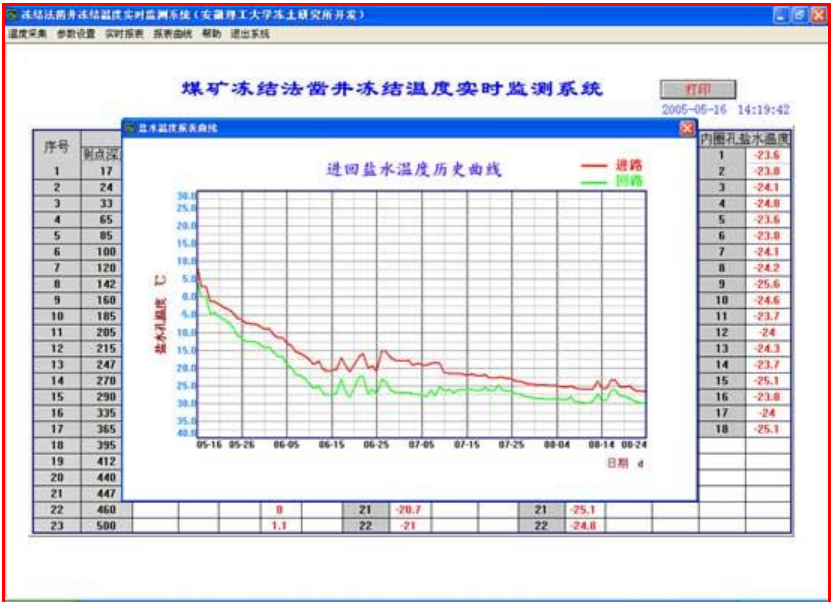


图 9 冻结法凿井冻结温度实时监测系统

2.2 冻结法凿井相似模型实验

工程模型试验能够提前掌握工程在实践过程的情况，对工程的实施起到预先的指导作用，同时由于模型试验能够更方便地开展各项监测工作，所以模型试验能更全面地掌握工程的性状。模型设计的主要内容包括：试验方案、制冷系统、测试系统、加载系统及程序、模型的制作等。

学生根据现场工程实践条件，设置模型相似比，进行矿井冻结模型实验，通过实验获得冻结过程中的温度场、水分场和冻胀应力场。

试验过程中对试验数据进行采集和控制，以达到试验要求并获得试验数据，实现试验目的。为了保证试验的可靠性和先进性，在试验中，通过编程实现自动控制和定时自动采集系统。试验控制、数据采集和冻结模型情况分别如图 10-12 所示。



图 10 冻结模型试验控制界面



图 11 仿真温度和水分数据采集界面



图 12 冻结完成的模型试验图

井筒内加热水浴（温度一般控制在 40-60℃），模拟混凝土水化热对冻融温度场的影响，如图 13 所示。



图 13 模拟水化热模拟图（用热水浴）

2.3 冻结法凿井施工力学仿真实验

该实验借助于大型通用有限元软件，配合课程教学课件，形成以理论课为指导、以软件为实践的数值仿真实验教学路线。冻结法凿井施工力学仿真实验教学贯穿井下结构建模、荷载计算、内力计算、内力组合、设计构造等地下工程施工全系列课程。

学生通过人工冻土单轴和三轴实验获得人工冻土应力应变曲线，基于土力学等原理，获得人工冻土系列本构模型，通过 ADINA 有限元程序平台实现。

根据人工冻土在卸载应力路径下的三轴蠕变和剪切时的受力状态，建立直径为 61.8mm，高为 125.0mm 的圆柱体，底部位移约束，在试样侧面施加围压，试样顶部施加轴向荷载，数值计算模型如图 14 所示。

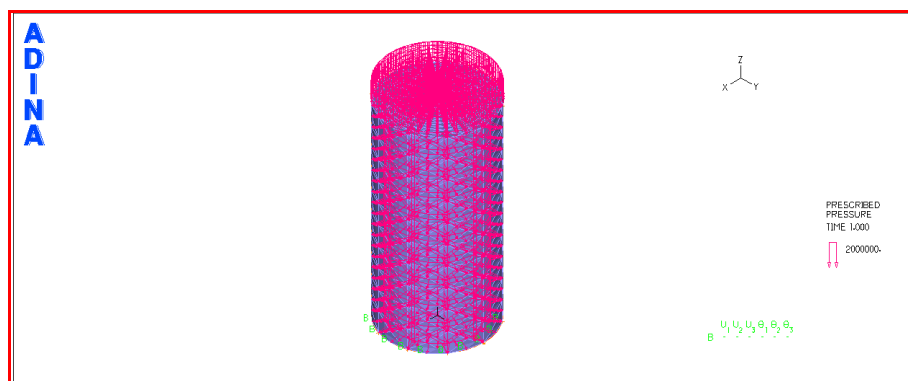


图 14 仿真人工冻土本构数值计算模型

人工冻结过程是水、热多物理场耦合过程，基于 ADINA 软件平台研发了深井冻结壁水热力

耦合数值仿真模块。如图 15-16 所示。

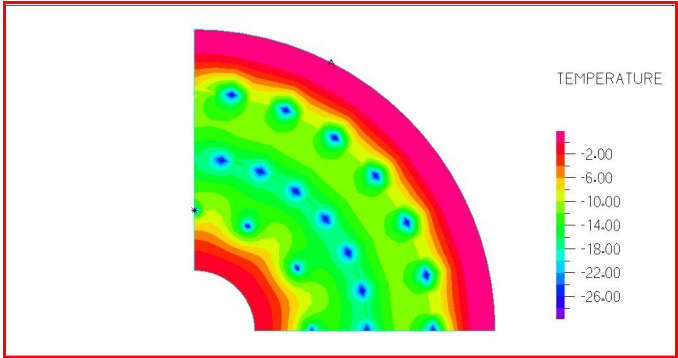


图 15 模拟冻结温度场分布

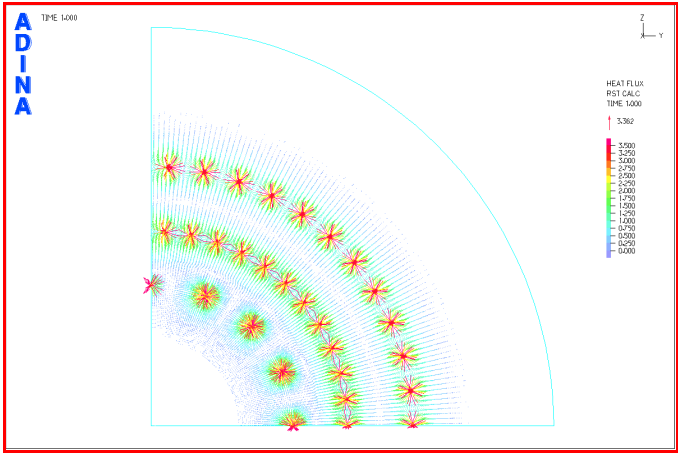


图 16 模拟水分迁移速度分布云图

用 ADINA 软件进行井筒开挖过程的冻结壁力学数值仿真。数值模拟能够全面的反映冻结壁的全部位移特性，包括冻结壁的超前位移和冻结壁内部位移。而现场实测，由于工程条件等特殊情况，只能量测到实际位移的一小部分。通过数值模拟学生更全面的掌握冻结壁的力学性能，如图 17-18 所示。

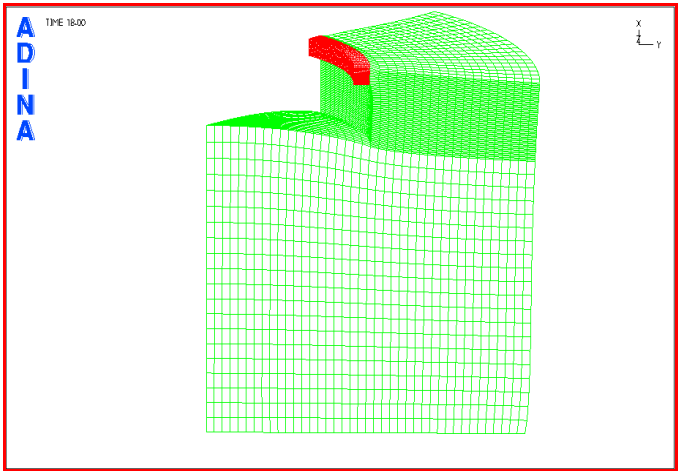


图 17 井筒开挖后的变形图

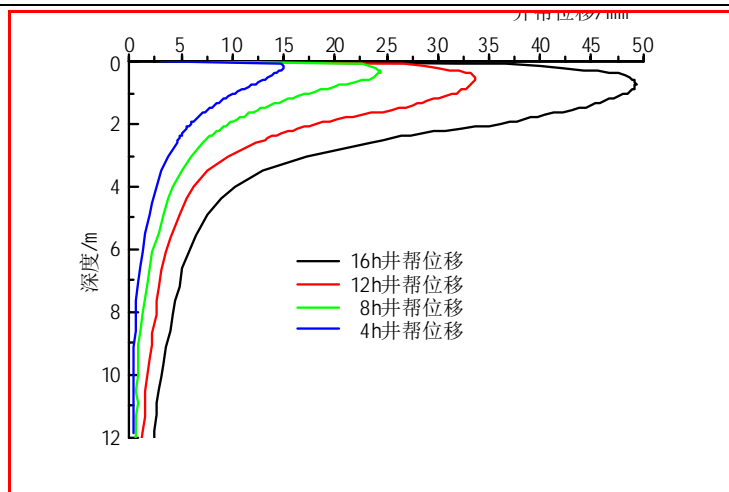


图 18 模拟冻结壁井帮位移随时间变化曲线

支撑项目：岩土特殊施工、井巷特殊施工、地下工程施工、井巷工程等课程设计与工程实践，以及冻结法凿井方向毕业设计与毕业论文。

3. 矿山井筒虚拟实验平台

矿山井筒虚拟仿真实验平台开设有矿井井壁相似模型实验、矿山井壁数值仿真实验和矿井立井罐笼（箕斗）提升仿真实验等组成。

3.1 矿井井壁相似模型实验

根据井壁破裂机理，学生通过模型试验获得竖向可缩性井壁结构、高强高性能钢筋混凝土冻结井壁结构等，对指导矿山井壁结构设计提供参考。

在我国淮北、徐州、大屯、永夏等矿区先后有 100 多个煤矿的立井井壁发生了破裂事故，给国家造成了重大经济损失，井壁破裂机理和修复治理技术的研究亟待解决。通过试验，学生设计出的竖向可缩性井壁结构在冻结井筒中可以防止井壁破坏，如图 19 所示。



图 19 模拟竖向可缩性井壁结构模型

对于冻结井筒，因其特有的施工工艺，要求筑壁混凝土材料在低温（ $-5^{\circ}\text{C} \sim -15^{\circ}\text{C}$ ）养生条件下，具有早强、低水化热、大流态、高强、高性能等特点，属高强高性能混凝土。通过模型实验使学生了解高性能混凝土的配比和高强高性能混凝土井壁结构研制工艺，如图 20-22 所示。

对于钻井井筒，学生针对其施工工艺特点，模拟出双层钢板高强高性能混凝土复合井壁结构。由于钻井施工工艺井壁结构内、外钢板约束作用，处于三轴受压应力状态，抗压强度得到大幅提高，井壁具有很高承载能力；由于外层钢板的阻隔，避免了高压水对混凝土的直接作用，井壁耐久性好。具有节省钢材、施工工艺简单、混凝土质量易于保证等优点。



图 20 高强高性能钢筋混凝土井壁



图 21 模拟双层钢板高强混凝土复合井壁



图 22 双层钢板高强混凝土复合井壁现场应用

3.2 矿井井壁数值仿真实验

在 ANSYS、ABAQUS、ADINA 等大型通用有限元软件的基础上进行二次开发，旨在使学生理解和掌握复杂条件下混凝土井壁结构、复合井壁结构、井壁与地层相互作用等不同结构类型的破坏过程、内力变化和变形性状，开展传统实验室中难以进行的高难度、高危险、高成本试验，如图 23-27 所示。

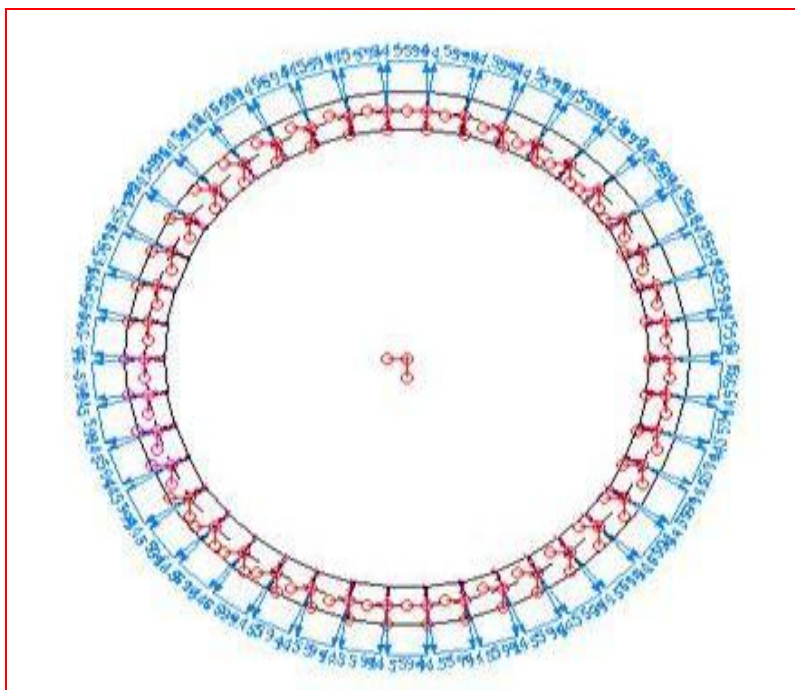


图 23 井壁模拟模型

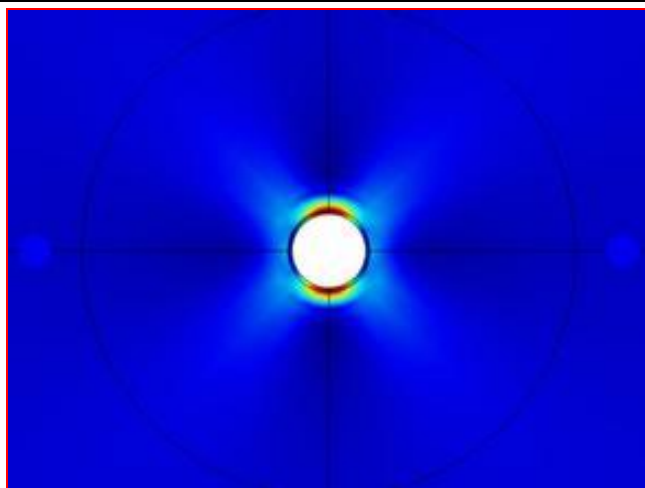


图 24 矿井井壁与地层相互作用数值仿真应力分布

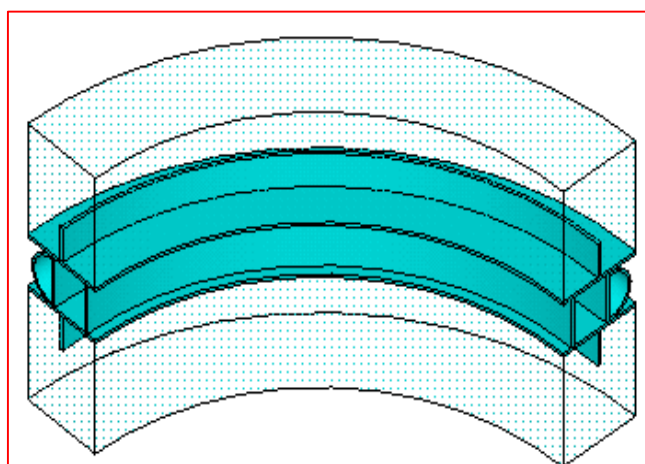


图 25 可缩性矿井井壁三维数值计算模型

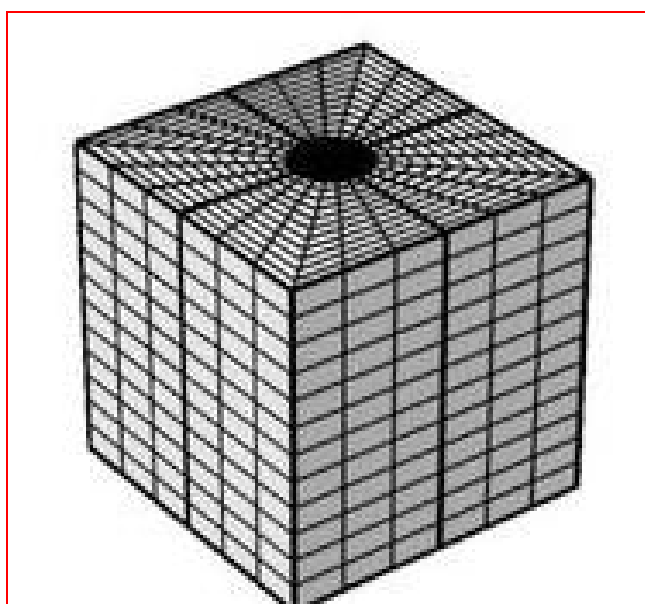


图 26 矿井井壁各向异性三维数值计算模型

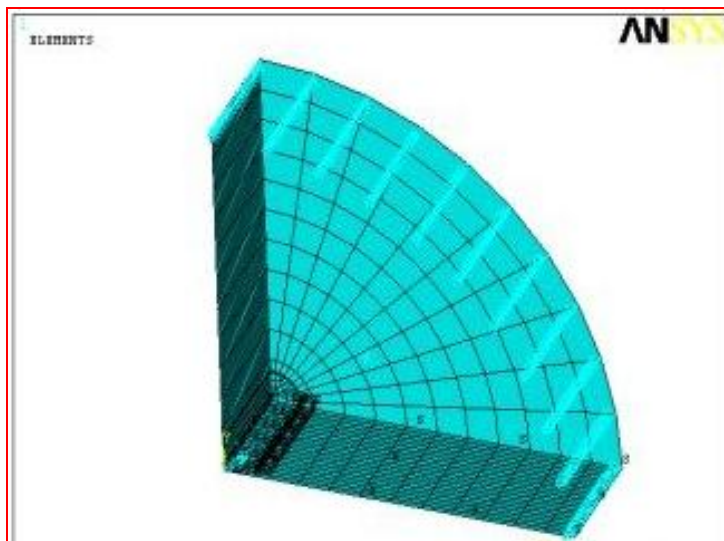


图 27 竖井井壁约束模型

通过仿真实验教学使学生对不同结构类型的破坏过程、破坏模式、失效条件等有直观认识，使学生掌握复杂结构的试验与分析的全过程，激发其探索复杂条件下各种结构类型工作性状和规律的兴趣。

3.3 矿井立井罐笼（箕斗）提升仿真实验

立井罐笼（箕斗）提升仿真装置直观反映立井提升系统的结构，运行方式和各种保护装置等。通过对提升机启动、加速、安全运行、减速制动、定位停车提高提升机司机实际操作水平，再通过对提升机的维护、保养、巡回检查及常见故障判断，可进一步提高提升机司机分析和解决问题的技能。

立井罐笼（箕斗）提升仿真装置由操纵台、无绳绞车（包括深度指示、润滑系统及减速器）、模拟井筒、井架及提升设备等组成，如图 28 所示。具有如下功能：

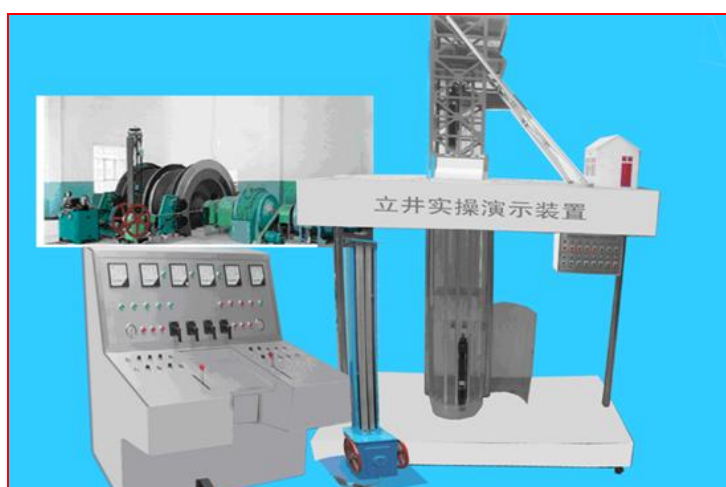


图 28 立井井筒提升仿真装置

- (1) 进行信号闭锁及绞车司机各种操作。
- (2) 反应提升系统的原理和功能。
- (3) 真实再现提升设备的运行和绞车房状况。
- (4) 满足绞车司机实操要求。

规格：井架：1800 mm×600 mm×2000mm

支撑项目：岩土工程特殊施工、井巷工程、测试技术、土木工程概论、有限元等课程施工与设计方面的实验项目，以及矿井井筒设计与施工方面的毕业设计与毕业论文。

4. 矿井爆破施工虚拟仿真实验平台

爆破在矿井建设及土建工程中发挥着重要的作用，民用爆破器材的购买需经当地公安系统严格的审批，同时爆破器材属于高度危险品、爆破实验也受到场地、时间和环境的制约，实验操作过程具有一定的危险性。为此，我们开发了一套爆破冲击动力学虚拟仿真实验平台，通过“虚实结合”的方式，将爆破仿真技术与实际操作有机地结合在一起，针对爆破参数测定、土岩爆破、冲击动力学仿真实验项目，提高教学的真实度和安全性。爆破工程虚拟仿真实验教学平台下设爆破参数测定仿真实验室、土岩爆破仿真实验室、冲击动力学实验仿真实验室、爆破实际操作模拟仿真实验室等4个虚拟仿真实验室。

4.1 爆破参数测定仿真实验系统

爆破主要利用炸药埋放在岩土或者混凝土等介质中，通过爆破器材设置的起爆系统引爆炸药，瞬间释放巨大能量，对外显示破坏效应，同时伴随发光、产生巨大热量、震天响声等现象。爆破在土木工程施工中发挥巨大的作用，爆破参数测定实验教学条件要求严苛，实践过程中鉴于安全考虑较难开展。为解决以上难题，开发了国内独有的爆破参数测定仿真实验教学系统，主要利用自主设计和加工的国内最大爆炸碉堡、利用雷鸣科化有限公司和淮南舜泰化工有限公司的现场爆破试验场。采用实物和虚拟相结合的仿真方式，结合数字化方式演示爆破参数测定的试件制作、操作过程、参数变化，实现采用真实爆破难以完成的教学任务，使学生了解爆破器材的结构特点和爆破参数测试过程，激发了学生兴趣，增加了教学的真实度和安全性，提升了教学的效果与质量，如图 29-30 所示。



图 29 爆炸碉堡



图 30 爆破参数测定仿真实验系统

4.2 矿井巷道爆破仿真实验室

爆破仍然是岩石碎裂的主要方法，然而，关于岩石碎裂加工过程的清晰描述仍然缺乏。当炸药引爆，化学反应迅速发生，相对少量的炸药转化成高温气体。反应导致两种载荷作用于岩孔壁上，即持续时间较长的压力波和气压，岩石碎裂将会在随后开始并传播到周围岩体上。在成对的岩孔爆破中，从岩孔表面到一个特殊深度可能会形成一个碎裂带。岩石爆破的过程和作用效果实验（缩小比例的或实际尺寸的实验）非常昂贵并且浪费时间。利用连续体损伤力学原理和 LS-DYNA 软件，开发了岩石爆破过程的数值仿真实验系统，实现派生于合理的机械原则和实验数据的确认，展示岩石感应爆破过程。解决了因安全等原因无法做实验，学生观察不到不同重量的炸药对岩石产生的爆破效果，因而造成教学质量低下的问题，提供一种既能让学生动手操作、又能在计算机的显示器上观察爆破效果的仿真实验系统，以较低的成本保证了教学效果与质量，提高了教学的真实度和安全性，如图 31-32 所示。



图 31 岩土爆破仿真系统

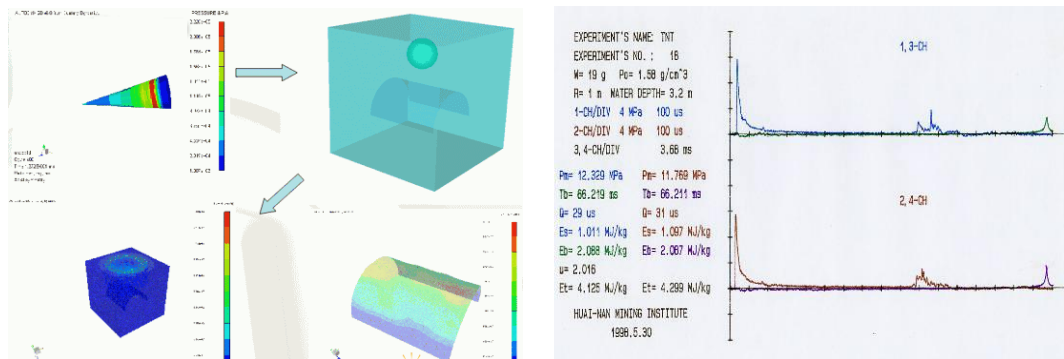


图 32 爆炸能量测试仿真系统

4.3 冲击动力学实验仿真系统

冲击是工程实际中广泛存在的现象，冲击过程是一种复杂的动态响应过程，具有特殊的动力学特性，对冲击现象进行分析和研究具有重要的理论和工程意义。但在实际实验中由于实验条件的复杂性，难以完成复杂的冲击实验过程，将冲击动力学和有限元分析方法相结合进行数值仿真模拟是解决复杂结构的冲击动力学问题很有效的方法。结构冲击动力学实验室以冲击动力学基本理论及有限元为指导，结合冲击瞬态响应分析的方法，借助先进一流的 CAD 及 CAE 软件，以圆柱形薄壳体为对象进行跌落冲击实验和有限元仿真模拟，利用实验结果修正有限元模型，使修正后的仿真数据与实验结果有很好的一致性。此外，实验室还建立了一套 SHPB 实验装置，进行各种材料和结构在冲击载荷下的力学响应的动态实验，达到虚实混合仿真的目的，同时验证了仿真模拟分析的可行性，如图 33 所示。

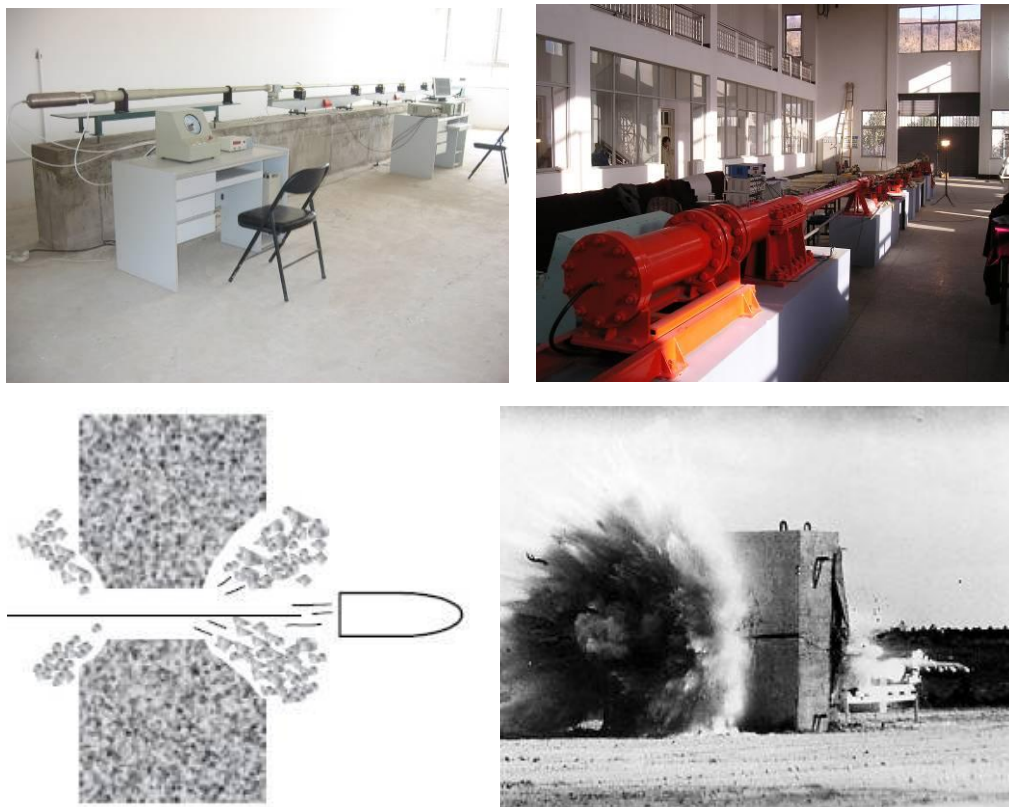


图 33 冲击动力学实验仿真实验系统

4.4 爆破实际操作模拟仿真实验室

该装置通过仿真巷道，显示断面的炮眼布置方式（掏槽眼、辅助眼、起底眼、周边眼和水沟眼），炮眼形状及空间位置。用无药雷管、药卷、水炮泥和炮泥，让学员观察其结构，并实际操作装药方法（正向装药和反向装药）和连线方式（串联和并联），声、光、电模拟其爆破过程，如图 34 所示。



图 34 爆破实际操作模拟仿真系统

炮眼布置按现场实际布置方式布置，按炮眼名称不同分四种颜色，可便于讲课时分别逐一讲学演示炮眼布置方式、角度和深度等参数，其中：

1: 掏槽眼（红色）爆破顺序为 1

2: 辅助眼（黄色）爆破顺序为 2

3: 起底眼（黄色）爆破顺序为 2

4: 周边眼（绿色）爆破顺序为 4

5: 水沟眼（蓝色）爆破顺序为 3（控制台布置开关组 6 个，其中：总开关 1 个，分开关 5 个）

火药雷管与实物外形相同。学生可现场学习演练引药加工方式，以及装药（正向装药、反向装药）方式和炮线的串联联线方式及并联联线方式，同时学生可使用“放炮器”进行实际放炮操作，可有效提高学员操作技能，直接上岗作业。

爆破时，学生手拧放炮器手把送电后，可通过声光电控系统显示爆破四个顺序（1-4），并产生全断面爆破红光，以及放炮时爆破声音，增加现场实际声、光立体效果，增强学员教学直观感。

支撑项目：爆破工程课程实习和实验，井巷爆破设计与施工毕业论文和毕业设计。

5. 巷道支护虚拟实验教学平台

巷道支护虚拟实验教学平台开设有注浆模拟实验、巷道支护模型实验和数值仿真实验。

5.1 注浆模拟实验

自助研制筒形注浆模型实验装置，如图 35-37 所示。模型长度 1500mm，净断面尺寸 400mm×400mm，用 10mm 厚的钢板制作而成。整个模型试验装置分为两半，将岩层模拟模型制作在筒体内，再将两半扣合，用螺丝拧紧，扣合处加上密封条。两端封盖装上后，即可进行注浆。



图 35 注浆模拟模型试验装置



图 36 普通水泥注入扩散机理模拟



图 37 超细水泥注入扩散机理模拟

井筒注浆过程中，围岩、注浆圈、井壁是 3 种不同性质的材料，三者力学参数具有较大差异，渗透性相差悬殊，流体在三者孔隙中流动的规律截然不同。利用 ADINA 软件平台，学生可以建立煤矿工作面注浆三维数值模型，进行不同工况下井筒和巷道注浆数值仿真模拟，获得最优注浆参数。其中部分注浆效果如图 38-39 所示。

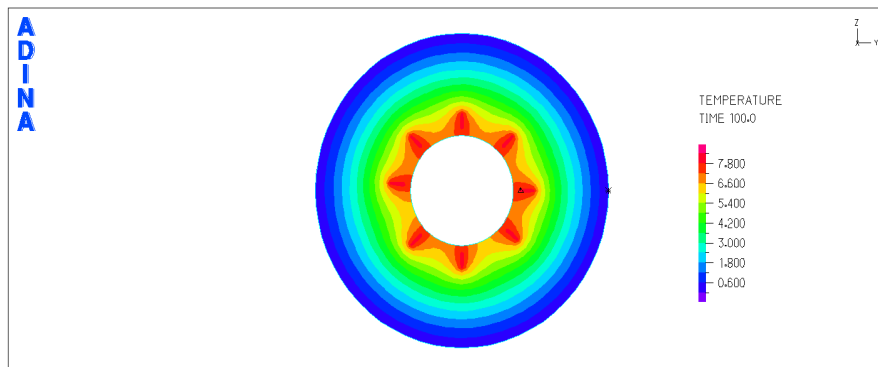


图 38 模拟壁后深孔注浆压力分布云图

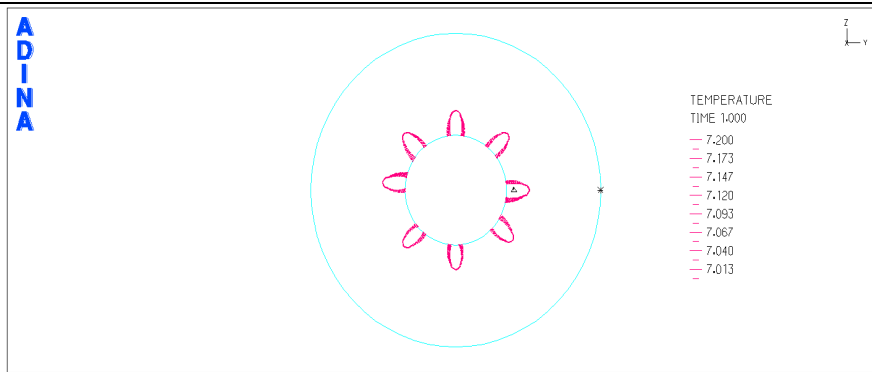


图 39 模拟壁后深孔注浆影响半径云图

5.2 巷道支护模型实验和数值仿真实验

通过巷道支护相似模型实验手段，使得学生掌握巷道围岩变形和支护结构受力的分析方法，研究支护结构在不同工况下力学特性，以评价巷道工程的稳定性，并指导巷道工程支护设计。如图 40-43 所示。



图 40 地面支架组装图



图 41 工厂加工的网壳支架

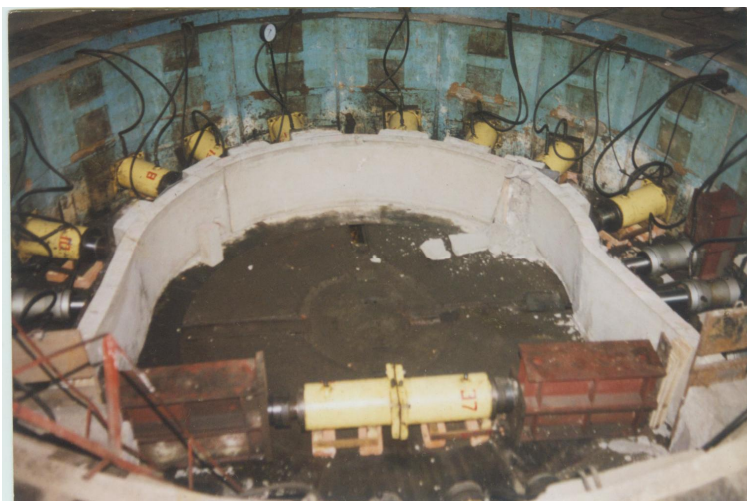


图 42 网壳衬砌模型试验



图 43 网壳锚喷工程应用

在巷道支护数值仿真实验中，学生可以结合材料物理参数、外力条件、硐室尺寸的变化，分析受力情况的变化，从而达到优化设计的目的，如图 44-47 所示。

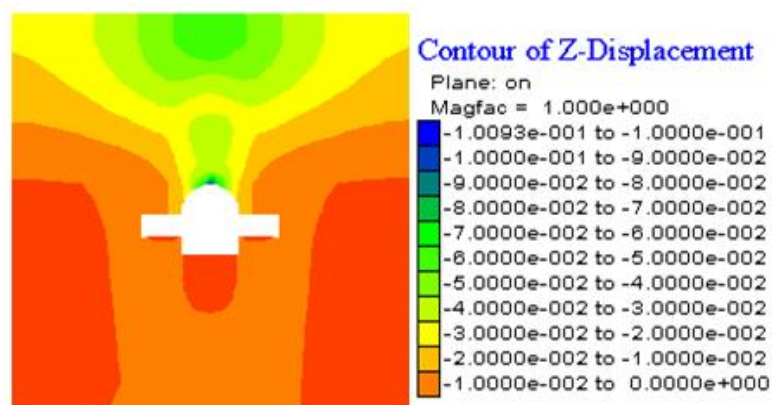


图 44 马头门数值模拟仿真

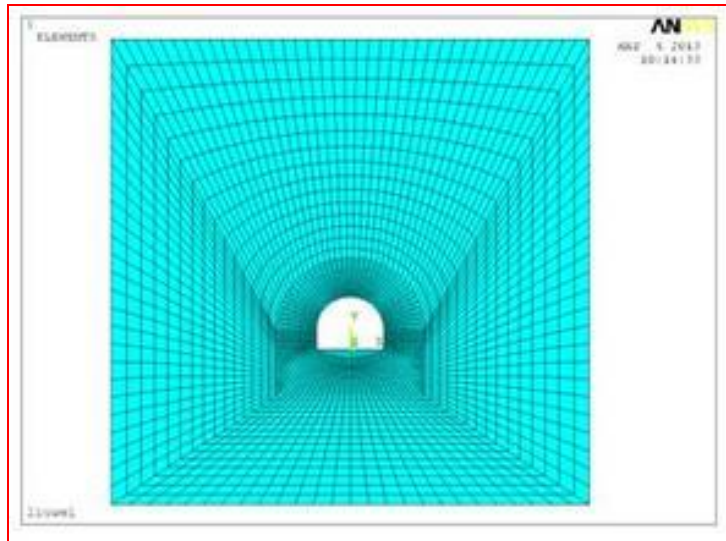


图 45 三维巷道数值模型

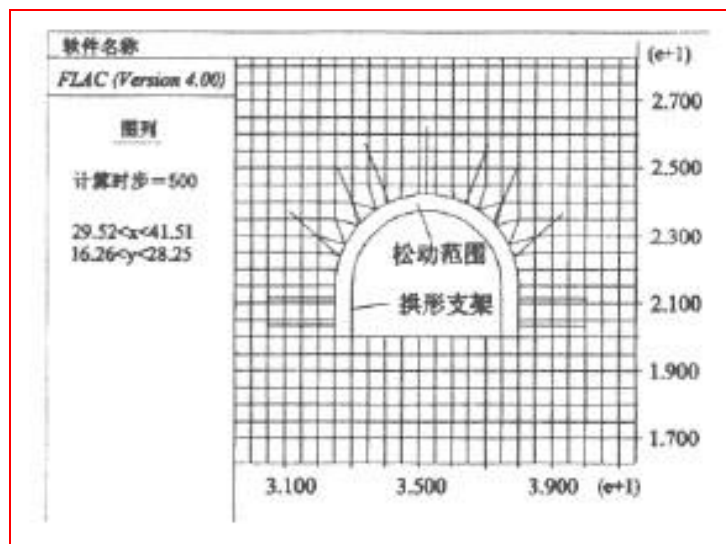


图 46 锚杆支护巷道数值仿真模型

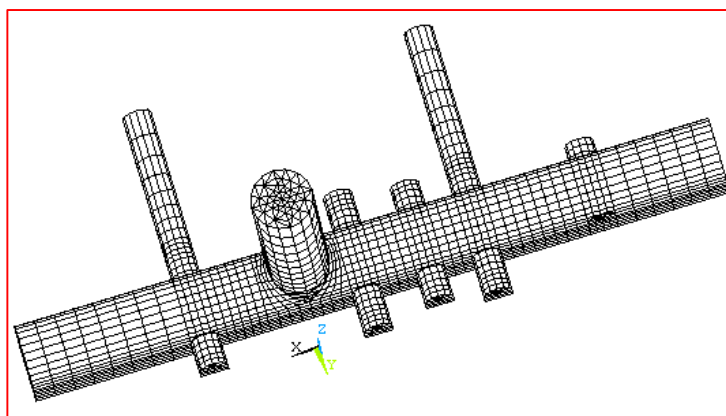


图 47 地下硐室群数值仿真试验

真思维，让学生熟悉井下工程结构的受力情况，弥补了现场实验的苛刻条件限制，提高了实验的安全性和效果，同时大大节省了试验成本。

支撑项目：地下建筑结构及课程设计、井巷工程及课程设计、岩石力学、数值计算方法等课程的稳定性分析方面的实验项目。

6 综采工作面虚拟仿真平台

综采工作面是现代化煤矿生产的主要环节，是煤矿生产中设备最多、环境最恶劣、工作最复杂的系统，至今一直是各国大力研究的课题。中心建立的综采工作面虚拟仿真平台将矿井作业通过三维可视化场景逼真表现出来，通过交互式的人机界面，了解整个作业面的运行状态，指导现场生产，提升生产效率和生产的安全性，如图 48-50 所示。

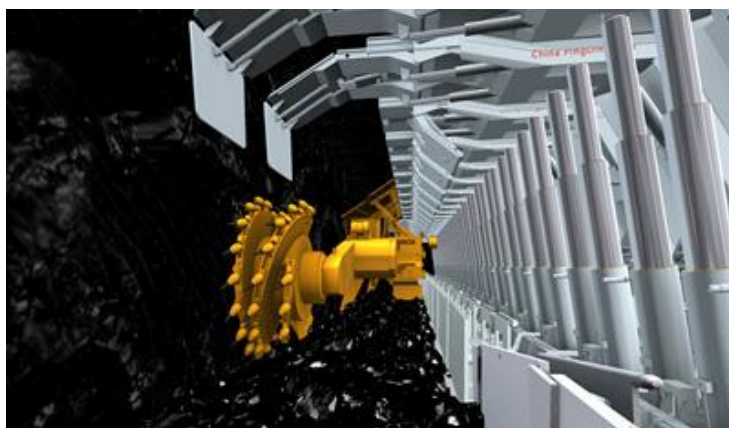


图 48 综采工作面虚拟仿真平台图片之一

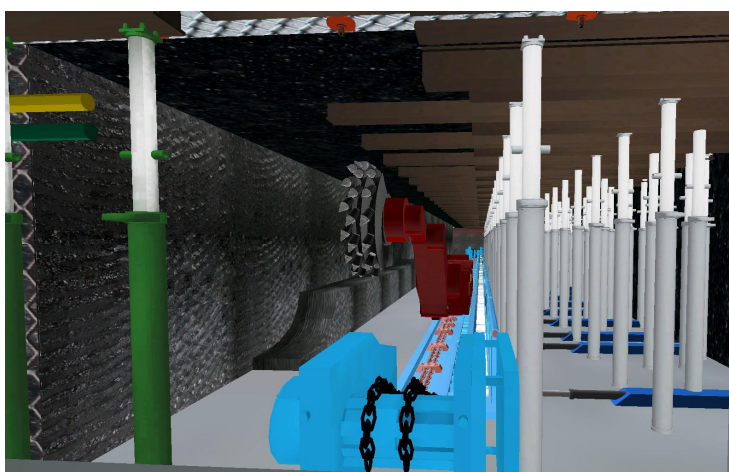


图 49 综采工作面虚拟仿真平台图片之二

在矿井生产系统中，综合机械化采煤工作面是现代化矿井最基本的生产单元，也是事故高发地和能见度低的地方。由于井下条件的限制，对于工作面设备的运行、作用范围和相互之间的匹配情况，很难进行细致的研究。利用虚拟现实技术生成综采工作面仿真系统，可以清楚的

看到工作面的工艺过程及所存在的隐患，对于教学和培训矿工安全有着耗资少、安全方便的优点，同时对矿井方案设计、技术论证和抢险救灾有着积极的意义。



图 50 综采工作面虚拟仿真平台图片之三

综采工作面虚拟现实系统采用了先进的虚拟现实技术构建出高仿真度的虚拟矿井作业场景，然后通过系统数据接口，将对应的监测系统提供的数据读取出来，并显示在虚拟矿井作业对应的场景中，实现数据三维可视化的目的。利用开发平台的优质效果，使参与者在使用系统时，有身临其境的感觉，可通过系统中报警状况的提示，设备属性的显示，历史数据的回放等功能，充分了解整个作业面中各设备的运行状况，达到监测，协助，分析等目的，如图 51 所示。



图 51 综采工作面综合自动化信息系统

2-4 虚拟仿真实验的教学平台（平台功能、信息化设备、网络与信息安全等）

井下虚拟仿真实验教学中心有以下 6 个教学平台：三维建模漫游及规划设计展示平台、特殊法凿井虚拟仿真实验平台、矿山井筒虚拟实验平台、矿井爆破施工虚拟仿真实验平台、巷道支护虚拟实验教学平台、综采工作面虚拟仿真平台等 6 个平台组成，每个教学平台进行的实验项目已在 2-2 节进行了详细的介绍。

2-4-1 平台功能

开放式虚拟仿真实验教学的管理和共享平台包括虚拟实验中心门户网站、实验前的理论学习、实验的开课管理、典型实验库的维护、实验教学安排、实验过程的智能指导、实验结果的自动批改、实验成绩统计查询、数字化资源管理、师生互动交流和系统管理等子系统，如图 52 所示。

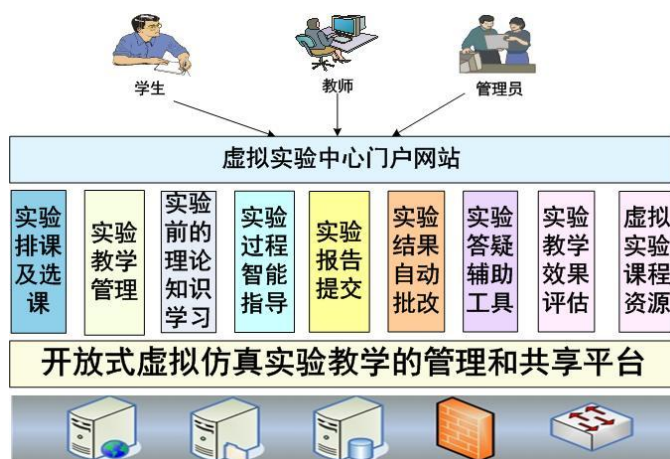


图 52 井下虚拟仿真实验教学中心系统组成

虚拟实验中心门户网站：一个动态 Web 系统，系统内容包括中心介绍、实验教学、实验队伍、管理模式、设备与环境、教学特色、中心新闻/公告/通知等。

实验教务管理：课程库、培养计划、排课、选课、开课审核等功能。

实验教学管理：现场实验安排、虚拟实验安排、实验批改、考勤管理、成绩管理、实验报告等。

实验前理论学习：实验前学生通过练习、自测、课件等方式学习实验理论知识。

实验过程智能指导：学生在实验过程中遇到问题可以请求指导，系统给出指导信息。

实验结果自动批改：学生提交实验结果后系统自动评判，给出分数和评分点。

数字化资源管理：各种虚拟实验、仿真软件和演示动画的上传、发布。

实验教学效果评估：自动收集实验前辅助学习、实验过程指导、答疑、实验成绩的相关数据；通过调查问卷收集学生对实验系统、实验设计、学习效果等方面的评价与反馈信息，进行

统计与分析，用图表直观展示分析结果。以便于进一步改善虚拟实验平台的功能，提高虚拟实验的教学质量。

师生互动交流：实时答疑、在线留言等。

系统管理：用户、分组、角色、权限、日志、备份管理和实时监控等。

2-4-2 信息化设备

中心近年通过大力投入，购置了大批信息化设备，建设了一流的演示与探索实验教学平台，并进行了配套的特色实验教材、实验教学方法的建设。同时，中心整合了学校校园信息中心的资源，将诸多虚拟仿真软件挂载在校园信息中心服务器，从而能够为全校师生共享使用。同时，提供一定数量的 VPN 专用账号，为虚拟仿真实验的国内外远程用户提供服务，取得了较好的效果。

中心设备配置原则是以实现中心建设目标、完成中心建设任务为基本前提，并能保证中心长期正常运行，按照需求合理优化配置各软硬件设配。

配置的服务器及机型、设备配置、操作系统和组件如表 2 所列，各部件功能要求见表 3。

2-4-3 网络与信息安全

网络与信息安全是虚拟仿真实验教学正常开展的前提，中心为所有虚拟仿真计算机配备了专用防火墙和卡巴斯基杀毒软件，有效的保障了整个中心的虚拟仿真资源的正常运转。同时，中心还设有专职网络管理教师和专职实验管理人员各 1 名，随时响应实验教学中遇到的各类网络故障及信息安全事故，做到第一时间响应、第一时间解决。

表 2 平台设备配置一览表

系统名称	设备	设备配置
显示系统	主动立体高端工程投影机	<ul style="list-style-type: none"> ★数量：2 台 ★流明不低于 7000ANSI 流明 ★对比度不低于 2400:1 ★显示技术:DLPTM技术 ★颜色系统：需支持 4 色段色轮或 6 色段色轮 ★分辨率：1280*800 ★视频处理：垂直梯形校正、图像缩放、七点色彩校正 ★ColorMax 技术提供了微调色域的功能 ★镜头设置：定焦、变焦镜头，水平&垂直位移，变焦、聚焦 ★视频处理特征自动处理，即标清和全高清隔行信号源自动按照 3:2 和 2:2extraction 技术进行处理 ★采用 DP CoolTekTM 技术，提供最高流明的亮度，产生最低的热量（BTU）和噪声水平（dBA） ★3D 主动立体，120Hz 刷新率，720P（sequential frames 格式） ★6 个可选用输入端口，包括 HDCP 兼容的 DVI 和 HDMI 端口

		★色温: 6200°K±1000°K ★白平衡调节: 3000°K-10000°K ★电源要求: 100-240VAC ★能耗: 715W ★灯泡寿命: 6000 小时 (单灯经济模式下) ★重量: 20.5kg
	投影机镜头	★数量: 2 个 ★短焦镜头 ★投射比例 0.65:1~0.8:1 根据场地情况取用 ★能配合“工程投影机”使用
	投影幕 (背投)	★尺寸: 采用 1 块 2.4m*3.2m 背投幕 ★背投增益: ≤ 0.7 ★可视角度: $\geq 170^\circ$ ★表面: 专业研发纹路拉力强度 ★厚度: 0.15mm ★表面: 专业研发纹路拉力强度, 最大: 203 kg/平方厘米, 平均: 180 kg/平方厘米, 撕裂强度: 最大 5.8 kg/mm, 平均: 5.4 kg/mm ★伸缩率: 最大 296% 平均: 162% 加热收缩: 4%
	投影幕 (正投)	★尺寸: 采用 1 块 2.4m*3.2m 正投幕 ★正投增益: ≤ 1.2 ★可视角度: $\geq 170^\circ$ ★表面: 专业研发纹路拉力强度 ★厚度: 0.15mm
	立体眼镜	★镜片种类: LCD 快门式镜片 ★镜片尺寸: 2.2 英寸 (对角线距离) ★重量: 71 克 ★同步方式: IR 红外发射器 ★电池寿命约 600 小时 ★刷新率: 96-144Hz
	信号发射器	★发射距离: 30 米; ★立体信号输入方式: BNC, VESA, SUB-D9; ★GPIO 接口: SubD37 / SUB-D9; ★电源: 24V DC; ★尺寸: 361 x 70 x 44 (mm) ★红外波长: 940nm ★标准配件: 紧凑型套件*1, BNC, VESA, SUB-D9*1 ★电压: 110/220 V (美国或欧洲标准) ★安装方式: 挂壁或吊顶 ★重量: 1.5kg ★能够配合货物“投影机”与“立体眼镜”完美配套使用; ★支持 ATI FireGL Pro、Quadro 与 GeForce 全系列图形卡
结构及辅助系统	投影幕机械安装结构	★曼恒专业设计机械结构, 采用全封闭一体化铝合金结构, 经久耐用, 具有抗震性, 耐腐蚀, 可现场快速安装拆卸, 易于维护, 后续升级方便。 ★空间自由调节能力: 投影机能提供六自由度空间精确调整能力;

		<ul style="list-style-type: none"> ★可靠性：可抵御长期的环境等因素（如温度变化等）带来的变形影响； ★耐用性：能长期抵御各种因素（如氧化等）的影响； ★稳定性：各结构支撑点与连接点固定，不产生位移； ★安装孔可调节适应不同型号的投影仪高度； ★投影机安装无需打孔； ★能够配合货物“主动立体高端专业工程投影机”完美配套使用； ★能够配合货物“立体背投投影幕”完美配套使用 ★能够配合“位置跟踪系统”定位和安装
	机柜	<ul style="list-style-type: none"> ★42U 机柜，工艺精湛、尺度精密； ★框架强度高,使用≥2MM 厚钢板 ★高通风率六角网孔前门、双开六角网孔后门 ★解决机械保护、通风散热、外部观察机器运行状态三方面的使用要求 ★尺寸：约 600×900×2000mm
	UPS 电源	<ul style="list-style-type: none"> ★额定容量：10kVA ★输入配线：单相二线+地线 ★输入电压：(176~276)VAC 输入频率：(46~54)Hz ★输出电压：220×(1±1%)VAC 输出频率：与输入市电同步,并且同步范围可调〔市电模式〕；50×(1±0.1%)Hz〔电池模式〕 电流峰值比：3:1 波形：正弦波 ★备用时间：大于 5 分钟 ★转换时间：零中断 超载能力：105%~130% 10min, 130%以上 1min 通讯接口：RS-232 + Intelligent Slot 温度：0℃~40℃ 湿度：20%~90% 外观尺寸 (W*D*Hmm)：248×500×616 ★重量(净重)kg：67.5
	项目集成及线材	<ul style="list-style-type: none"> ★设备运输、集成安装、联调测试以及培训 ★设备集成，调试，安装及其必要的配套线材 ★最高分辨率：PC：1920×1200@60Hz HDTV：1080P ★兼容 DTV 分辨率 480i, 480P, 720P, 1080i, 1080P ★将信号最远延长至 45 米，可根据现场长度选择不同的规格 ★兼容电脑分辨率：VGA, SVGA, XGA, SXGA, UXGA, WUXGA ★支持穿管，便于维护 ★包含 DVI 线、VGA 线、USB 线、电源线、机柜、伴随式有源音箱等信号连接线；提供实验室整体网线布局所需线材；提供插线板、信号转换头等辅助设备
图形处理系统	图形工作站	<ul style="list-style-type: none"> ★CPU：双核 Intel Xeon E5-2620 15MB 1333 6 核心 CPU/超频至 2.5G； ★内存：16GB DDR3-1600 (8x2GB) 2 CPU RAM； ★显卡：NVIDIA Quadro K5000 4GB ★硬盘：1TB, SATA 7200 1st HDD； ★键盘：USB Standard 键盘 Chinese； ★鼠标：USB Laser Scroll 鼠标； ★光驱：16 倍 DVD 刻录机 ★操作系统：Windows 7 专业版 64 位

交互系统	位置追踪	<ul style="list-style-type: none"> ★红外光学追踪，无电、磁和声音干扰 ★可支持 2-12 个红外摄像头，用户可根据追踪范围需求选择摄像头的个数 ★支持眼镜和手持式交互设备追踪，有 6 个按钮可以进行交互功能设计开发 ★高度准确的 6 自由度姿态（位置、方向）追踪 ★位置追踪精度 0.2mm，角度追踪精度 0.2° ★60/120 Hz 刷新率可调 ★支持 12 路同步处理，并可级联扩展，同步延迟可调 ★支持简捷快速自定义跟踪目标 ★灵活方便的场地校准和相机校准 ★直观的 2D/3D 数据显示 ★集成 VRPN 接口，可以结合系统选用的 CAE 后处理软件和虚拟设计辅助软件 ★用户追踪界面与系统算法处理器可分离，利于部署
软件系统	DVS3D	<ul style="list-style-type: none"> ★双通道，3 个节点； ★图形化的操作界面，可支持多语言包，中英文快速切换； ★无缝支持百余种三维应用程序（比如 Catia、ProE、SketchUP、Navisworks、UG、Tribon 等）的数据获取，无需数据转换，用户可根据需求自选两种； ★支持导入常用三维格式数据,如 fbx、obj、3ds、dae 等； ★拥有自己的数据压缩格式，保存工程文件； ★支持控制播放设计软件制作并存储在三维模型中的关键帧动画； ★支持复制和删除模型，控制显示模式（网格实体、隐藏显示、居中显示等）； ★支持模型设计编辑功能，可修改模型姿态、纹理、材质属性； ★支持灯光系统，可以实时阴影渲染； ★支持高精度 1:1 实物大小显示； ★测量模型中任意两点间的距离，可同时显示多段； ★支持模型的自定义剖面分析显示； ★支持自定义视角保存和快速切换； ★支持多种显示介质，适用于 G-Magic、G-Mobile、G-Bench 等沉浸式系列产品； ★支持多通道立体显示模式，将桌面级 3D 应用程序内容直接显示在单通道及多通道的虚拟沉浸式环境中
主域控制器服务器 sxdz-fz-pdc	IBM X255	X255 / PXEON2.8G*2/3G/73G*3/4MX/
域外控制器服务器 sxdz-fz-bdc	IBM X255	X255 / PXEON 2.8G *2/3G/73G*7/4 MX /EXP300
对外 WWW 服务器	IBM X255	X255 / PXEON2.8G*2/3G/73G*3/4MX/
EMAIL, FTP 服务器	IBM N5100	N5100/P733/1G/36G*2/R1
专业应用数据服务器	IBM X255	X255 / PXEON2.8G*2/3G/73G*3/4MX/
UNIX 数据服务器	IBM P650	P650/PE4-1.45G*2/2*73g/4MM/8G/
中间层服务器	IBM X255	X255 / PXEON2.8G*2/3G/73G*3/4MX/
ARC INFO WEB 服务器	IBM X255	X255 / PXEON2.8G*2/3G/73G*3/4MX/
内部托管服务器	IBM N7100	N7100/PXEON700/768M/18G8*4/

表 3 平台设备各部件功能要求表

服务器名	数量	功能
显示系统	1	三维虚拟漫游、展示
图形处理系统	1	通过图形工作站将井下虚拟实验内容输送给显示系统
交互系统	1	位置追踪，互动虚拟实验
软件系统	1	DVS3D，对各种格式图片进行处理
主域控制器服务器	1	域管理，内部查询系统
域外控制器服务器	1	域管理，管理信息
对外 WWW 服务器	1	发布公众信息
EMAIL，FTP 服务器	2	邮件服务，上传与下载，路由与远程访问服务
专业应用数据服务器	2	数据库专业应用（linux 平台）
UNIX 数据服务器	1	后台数据库管理((unix 平台)
中间层服务器	1	图形处理（linux 平台）
WEB 服务器	1	信息系统信息发布

2-5 合作企业的概况、参与程度和合作成果

2-5-1 合作企业的概况

井下虚拟仿真中心主要合作企业有中煤矿山建设（集团）有限责任公司、淮南矿业（集团）有限责任公司、曼恒数字和三维吉斯工程软件有限公司。

（1）中煤矿山建设（集团）有限责任公司

中煤矿山建设（集团）有限责任公司是一家跨行业、多元化经营的大型建筑企业集团，具有矿山工程施工总承包特级资质和房屋建筑、市政公用、机电安装一级总承包资质以及铁路、隧道、公路、公路路基、桥梁、钢结构、土石方等施工资质。集团资产总额超 100 亿元，注册资金 49381 万元，从业人员 12800 余人，工程技术人员近 2000 人，享受国务院特殊津贴高级专家 30 人，建造师 654 人，各类工程机械设备 13500 余台套，具有进出口经营权，通过了“三标一体”管理体系认证。

集团前身为 1974 年原煤炭工业部成立的淮北煤矿基本建设局，先后更名为淮北煤炭基地建设会战指挥部、淮北煤矿建设指挥部、淮北煤矿建设公司、中煤第三建设公司、中煤第三建设（集团）有限责任公司。2007 年 11 月，由安徽省国资委重组，新设中煤矿山建设集团有限责任公司

公司，分别持有中煤第三建设（集团）有限责任公司和中煤特殊凿井（集团）有限责任公司 100% 的股权。2010 年 12 月中煤第三建设（集团）有限责任公司吸收合并中煤特殊凿井（集团）有限责任公司。

集团先后参加了二十多个省、市、自治区的煤炭基地和基础设施建设，共建成各类型矿井 500 多对，总设计生产能力超 10 亿吨；建成选煤厂 200 多座，总设计洗选能力 3 亿多吨；建成铁路 800 多公里，公路及高速公路 1000 多公里；建设房屋上亿平方米，为我国经济发展特别是煤炭建设事业做出了巨大贡献。

集团以科技为支撑不断加快发展步伐，先后创出 110 项省及全国纪录、3 项世界纪录；荣获 3 项“鲁班奖”、2 项国优工程奖、100 余项省部级优质工程奖以及 84 项国家和省部级科技成果奖、32 项省部级工法、6 项国家级工法、60 余项实用新型专利、5 项发明专利，拥有全国煤炭建设系统首家国家认定企业技术中心、煤矿深井建设技术国家工程实验室、博士后科研工作站。2012 年企业结算收入 132 亿元，连续 8 年在全国煤炭建筑施工企业综合实力排名第一。

（2）淮南矿业（集团）有限责任公司

淮南煤矿 1903 年建矿，曾是全国五大煤都之一，新中国成立后累计向华东地区输出煤炭近 9 亿吨。国家批准资源量 285 亿吨，是我国黄河以南资源储量最大、最具开发潜力的一块整装煤田。淮南矿业集团 1998 年 3 月由淮南矿务局改制而成，同年 7 月下放到安徽省管理，是中国企业集团 500 强（2013 年排名第 158 位）和安徽省 17 家重点企业之一。

2002 年以来，企业确立了“一切为了发展，一切为了职工”的企业宗旨，实施“建大矿，办大电，做资本”发展战略，坚持“发展先进生产力，保护生命，保护资源，保护环境”发展模式，煤、电、房地产、物流、金融、技术服务等多产业快速发展，被列为全国 14 个亿吨级煤炭基地和 6 个大型煤电基地之一，是国家首批循环经济试点企业、中华环境友好型煤炭企业和国家级创新型试点企业。

近年来，淮南矿业集团以瓦斯治理技术为核心，在深井建设、深部开采、三下采煤、生态环保技术等方面行业领先，连续 16 年杜绝了瓦斯爆炸事故，百万吨死亡率 10 年下降 60 倍，产能提升 6 倍，实现了安全、绿色、创新、和谐发展。企业拥有煤矿瓦斯治理国家工程研究中心、煤矿生态环境保护国家重点实验室、深部煤炭开采与环境保护国家重点实验室、煤炭开采国家工程技术研究院四个国家级创新研发平台。2013 年，企业煤炭产量 6375 万吨，百万吨死亡率 0.078，发电量 218 亿度，营业收入 713 亿元，资产总额 1559 亿元，上缴税费 59 亿元，是安徽省煤炭产量规模、电力权益规模、资产规模最大的企业。

当前，企业上下正在按照省委、省政府的决策、部署和要求，坚持稳中求进总基调，以推

进改革创新为根本动力，以提高发展质量和效益为立足点，确保企业发展健康可持续，确保职工利益稳定可持续，奋力打造淮南矿业的“升级版”。

（3）曼恒数字

曼恒数字(Graphic Design Information Co., Ltd)是国内领先的虚拟仿真技术研发机构和供应商、上海市高新技术企业和市科委重点支持的挂牌软件企业，由虚拟仿真技术领域专家周清会先生与风险投资专家夏晓辉先生于 2007 年创立。先后获得科技部创新基金、上海市科学与艺术创新奖、最具活力科技企业等多项荣誉称号。

曼恒数字专注于研发三维图形设计、虚拟和仿真技术的产品与服务，以“三维技术，创造虚拟世界”为发展理念，不断推动三维虚拟技术的创新发展。公司始终坚持不懈地进行自主产品的研发与技术创新，依托上海丰富的 IT 人才资源和专家智慧，经过多年发展，打造了 IT 实践、研发经验丰富的专业团队，建立了规模近百人的三维技术研发中心——曼恒三维图形技术研究院。

公司在业内率先提出了应用程序与 3D 技术相结合的全新概念---AB3D (Application Base on 3D)。基于该理念公司于 2010 推出了自主研发的三维虚拟仿真平台 DVS3D 系统，该系统为航空、能源、国防、医学和科研等领域提供三维虚拟设计、装配和训练等应用，极大地推动了我国在高端领域广泛使用虚拟仿真技术的进程。在此基础上，公司开拓了基于互联网的跨平台 3D 内容服务平台，该平台将通过 Web3d 技术打造新的互联网媒介，为教育，科研，游戏，影视，广告，工程设计等行业提供三维数字化内容服务，加快普及 3D 技术走进家庭、娱乐和商业等场所，引领全新的互联网媒介时代创新发展。

（4）三维吉斯工程软件科技有限公司

北京三维吉斯工程软件科技有限公司(BJ3DGIS)是专门从事矿山、地下工程及工程地理信息三维可视化技术研究与开发的高新技术企业和“双软”认证企业，研发的“矿井安全生产综合管理三维可视化信息系统”是我国第一套应用于矿山安全与生产综合管理的三维可视化信息系统。该系统的开发应用成功，标志着矿井的安全、生产管理、调度指挥、工程设计、地理地测信息由数字化上升到了三维可视化阶段。

这几年，公司产品促进了三维数字化矿山建设的发展，尤其是“三维数字化矿山建设平台”的推出，为厂矿企业提供了先进的安全生产综合管理的解决方案。该平台是我国第一套高度集成了矿井各种地测、工程信息、安全监测信息、视频监控图像、人员定位信息、束管监测信息、综合自动化监控信息及其它办公系统的信息平台，在矿井安全、生产、自动化、地测、工程、调度、办公等信息方面做到一站式查询，集中反映了矿山企业信息化的发展趋势，已成为基建

矿井、生产矿井、集团公司（跨国、跨地区集团）及厂、矿企业信息化建设的首选产品和更新产品。

公司长期从事地下工程、采矿工程、安全技术工作的研究员、博士带领的技术研发团队，从企业的生产管理、安全管理、工程技术与设计的实际需求出发，为用户提供由地质、测量信息处理→工程设计与制图（三维、二维图）→生产管理→安全管理→安全生产调度指挥的企业安全生产管理信息化和“三维数字化矿山建设平台”的整体解决方案。

三维吉斯产品的强大三维图形、三维动画功能和数据处理功能得到了用户的肯定和好评。国家安全生产监察局在近两年最为有影响的重大矿山安全生产事故调查中应用了“矿井安全生产综合管理三维可视化信息系统”，为现场事故调查提供矿井生产状态三维图形支持和信息技术支持。

2-5-2 合作企业参与程度

合作企业在队伍建设、实验室和虚拟教学资源建设、课程案例、施工工艺等全方位参与和指导。

（1）参与专业、中心实验室建设和课程资源开发

合作企业针对矿井建设工程设计、施工和监理技术领域需要来参与专业设置，通过参与人才培养目标的制定，参与井下虚拟仿真实验教学中心实验室建设和虚拟仿真实验资源的开发，形成以能力为本位、以实践为主线的井下相关专业课程体系。企业与专家共同确定学生的知识、能力和素质结构。通过企业参与，修订了井下相关专业培养方案，使专业设置和课程体系更符合企业的需要。

（2）参与教学过程

教学工作是企业参与职业教育的中心环节。在岩土工程特殊施工、井巷工程、地下工程测试等课程和生产实习、毕业设计等实践环节由企业和教师共同承担。合作企业参与教学可以克服矿井建设工程专业课堂教学重理论轻实践的弊端，强调理论联系实际，并根据企业制定的职业能力标准对学校的教学质量进行评价。

（3）参与师资队伍建设

合作企业可以充分发挥行业人力资源优势，选派工程技术人员、管理人员和技师、高级技师担任兼职教师，把企业生产、经营、管理及技术改进等方面的最新情况与教学内容紧密结合，及时地传授给学生，做到理论联系实际。还可以选派专家定期或不定期到我校举办专题学术讲座，或接受矿井建设工程专业教师来企业实践锻炼，提高教师的技术运用能力，丰富其实践经验，帮助其了解企业、掌握企业最新发展动态，近5年，企业聘任教师20余人次。确保专业教

师的教学不脱离企业实际。

(4) 参与投入

合作企业采用立项课题、实践基地建设、人才培养等方式为学校购置教学设备、建设实训基地，以备教学和实习使用，或直接利用企业实习工地、基地等为矿井建设工程专业实践课和实习提供便利条件。

此外，合作企业参与专业教育还表现在招生、科研、提供就业岗位和职业资格体系的建立等方面。近5年来，产学研研究经费达到3200余万元。

2-6 虚拟仿真实验教学和管理队伍（教师水平、虚拟仿真实验教学和研发水平、队伍结构等）

中心师资力量雄厚，“矿山建设系列课程教学团队”为安徽省优秀教学团队、“土木工程专业教学团队”和“城市地下空间工程系列课程教学团队”为校级优秀教学团队。现有教师52名，其中正高职称12人，副高职称27人，博士生导师10人，双聘院士1人，皖江学者讲席教授1人，教育部新世纪优秀人才2人，安徽省学术技术带头人4人，安徽省高校学科拔尖人才2人，享受政府特殊津贴4人，安徽省教坛新秀1人。其中博士25人占58.14%，硕士18人占41.86%，专任教师队伍中信息技术研发教师占20%，如表4和图53所示。

表4 井下虚拟仿真实验教学中心实验教学和管理队伍

姓 名	年 龄	专业技 术 职 务	行政 职务	工作单位	主要教育 研究领域	主要承 担工作
徐 颖	49	博导、教授	院长	安徽理工大学	矿井建设	总体规划
宗 琦	52	博导、教授		安徽理工大学	矿井建设	教学团队建设
倪修全	49	教 授	副院长	安徽理工大学	建筑工程	课程与教学资源建设
庞建勇	50	博导、教授	副院长	安徽理工大学	桥隧工程	教学方式方法改革
姚直书	51	博导、教授		安徽理工大学	岩土工程	强化实践教学环节
傅菊根	53	教 授		安徽理工大学	矿井建设	教学管理改革
荣传新	46	博导、教授		安徽理工大学	市政工程	教学团队建设
李栋伟	37	教 授		安徽理工大学	地下空间	教学管理改革
林 斌	46	教 授		安徽理工大学	岩土工程	教学团队建设
夏红兵	48	副教授		安徽理工大学	矿井建设	教学管理改革
袁文华	45	副教授		安徽理工大学	矿井建设	课程与教学资源建设
王贵虎	42	副教授		安徽理工大学	矿井建设	教学管理改革

张德圣	40	副教授		安徽理工大学	岩土工程	课程与教学资源建设
魏善斌	52	副教授		安徽理工大学	矿井建设	课程与教学资源建设
姚兆明	39	副教授		安徽理工大学	矿井建设	教学管理改革
蔡海兵	34	副教授		安徽理工大学	矿井建设	教学团队建设
陈海明	33	副教授		安徽理工大学	土木工程	硬件维护
娄培杰	31	博士		安徽理工大学	矿井建设	课程与教学资源建设
张 瑞	32	讲师		安徽理工大学	矿井建设	课程与教学资源建设
赵士兵	51	教授级高工	董事长	中煤矿山建设集团	矿井建设	实践教学
王厚良	53	教授级高工	总工	中煤矿山建设集团	矿井建设	实践教学
徐辉东	54	高 工	副总经理	中煤矿山建设集团	矿井建设	实践教学
王继献	50	高 工	副总经理	中煤矿山建设集团	矿井建设	实践教学
唐永志	53	教授级高工	总工	淮南矿业集团有限公司	矿井建设	实践教学
王传兵	44	高 工	部长	淮南矿业集团有限公司	矿井建设	实践教学
于丽莎	27	高级工程师	技术监督	曼恒数字	虚拟仿真	虚拟仿真实验室与教学资源建设
郑 兵	28	中级工程师	项目管理	曼恒数字	虚拟仿真	虚拟仿真实验室与教学资源建设
周功专	25	中级工程师		曼恒数字	虚拟仿真	系统框架设计
潘晓庆	23	工程师		曼恒数字	虚拟仿真	系统程序设计
林崇德	35	工程师	技术经理	三维吉斯工程软件科技有限公司	虚拟仿真	井下三维数字化平台建设

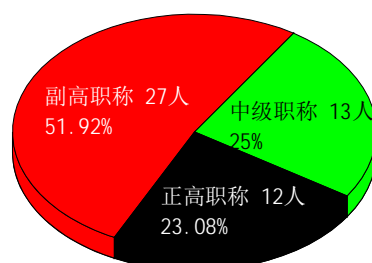


图 53 中心人员职称分布饼图

中心教学团队成功研发了基于 ADINA、ABAQUS、COMSOL、FLAC、ANSYS 等大型结构计算软件的井下虚拟仿真实验系统，开发了人工冻结法、井下工程支护、井下工程爆破、井下工程施工等系列矿井建设工程仿真教学视频。同时，教学队伍中培养和引进了具有矿井建设工

程专业背景的和计算机相关专业硕士和博士研究生教师 9 名，能熟练 Multigen Vega、Multigen Creator、DI-Guy 等特效模块等虚拟现实软件操作，并成功开发了“土力学”、“爆破工程”、“混凝土结构设计原理”等省级精品课程视频教学资料。

管理队伍：中心实行主任负责制，设 1 个主任和 3 个副主任，分别负责日常教学、实验研究项目研发和行政管理，中心设教学秘书、研发秘书和行政秘书 3 人，负责相应的具体工作。

2-7 虚拟仿真实验教学中心的管理体系（组织保障、制度保障、管理规范等）

2-7-1 组织保障

安徽理工大学大学一贯坚持教学的中心地位，把提高教学质量作为学校的生命线，重视发挥实践教学对学生创新精神和实践能力的重要作用，对实验中心实施校、院两级管理、教务处和发展规划处直接参与实验中心的建设和管理工作，使实验教学资源和相关教育资源共享，促进实验中心的可持续发展。

安徽理工大学井下虚拟仿真实验教学中心管理模式如图 54 所示。

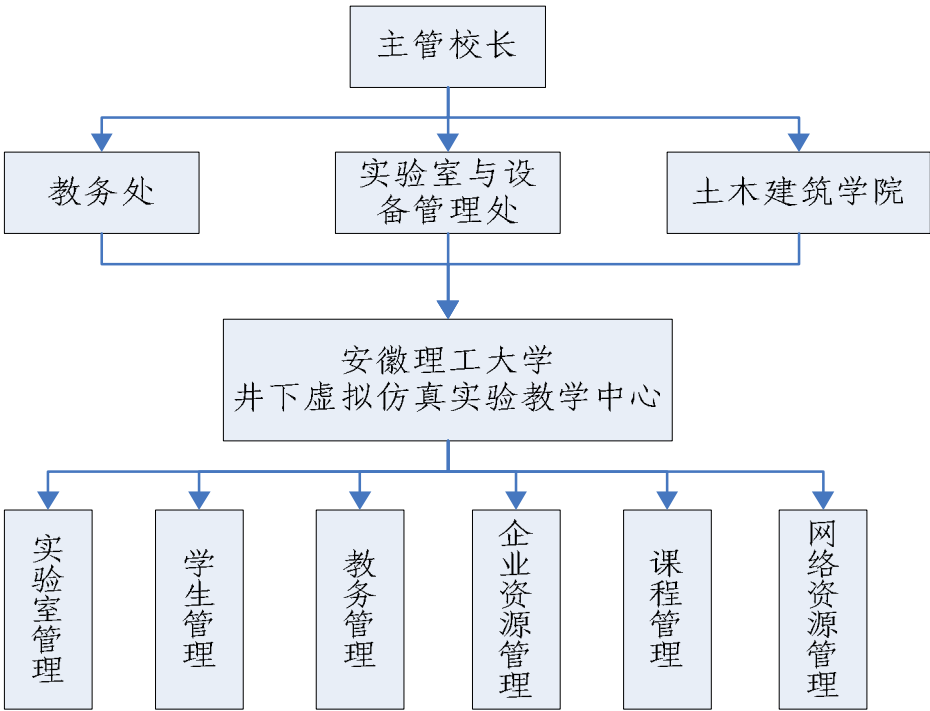


图 54 井下虚拟仿真实验教学中心管理模式

2-7-2 制度保障

为了使中心实验教学更加规范化、现代化，学校先后出台了一系列文件，对实验教学改革及实验中心建设的建设目标、建设内容、建设措施都做了明确规定，在政策上对实验教学中心

建设提供有力的支持。建立了网络化的实验教学和实验室管理信息平台,实现网上辅助教学和网络化、智能化管理。中心也制订了一系列的规章制度,涉及实验建设、教学、管理、安全卫生等实验教学的各个环节,从制度上保证了中心的良好运转。

学校文件:

1. 安徽理工大学教学成果奖励实施办法(试行)(校政〔2004〕49号);
2. 安徽理工大学关于进一步加强教师队伍建设的若干意见(校政〔2004〕54号);
3. 安徽理工大学关于进一步加强教学工作中心地位的若干意见(校政〔2004〕51号);
4. 关于印发《安徽理工大学优秀教育工作者评选办法》的通知(校政〔2005〕25号);
5. 关于印发《安徽理工大学优秀教师评选办法》的通知(校政〔2005〕24号);
6. 关于印发《安徽理工大学教师教学工作规程(修订)》的通知(校政〔2005〕21号);
7. 关于印发《安徽理工大学师德先进个人评选办法》的通知(校政〔2005〕20号);
8. 安徽理工大学关于加强师德建设的若干意见(校政〔2005〕19号);
9. 关于印发《安徽理工大学教职工奖惩条例(修订)》的通知(校政〔2009〕10号);
10. 关于印发《安徽理工大学本科课堂教学质量评价办法(修订)》的通知(校政〔2009〕2号);
11. 关于印发《安徽理工大学教学质量监控体系及运行条例(试行)》的通知(校政〔2008〕82号);
12. 关于印发《安徽理工大学兼职教授管理办法(修订)》的通知(校政〔2011〕53号);
13. 关于印发《安徽理工大学教职员工职业道德规范(修订)》的通知(校政〔2012〕93号)。

中心条例:

1. 安徽理工大学井下虚拟仿真实验教学中心仪器设备使用管理条例(试行)
2. 安徽理工大学井下虚拟仿真实验教学中心财产管理制度(试行)
3. 安徽理工大学井下虚拟仿真实验教学中心考核考勤制度(试行)
4. 安徽理工大学井下虚拟仿真实验教学中心日常管理制度(试行)
5. 安徽理工大学井下虚拟仿真实验教学中心安全管理制度(试行)
6. 安徽理工大学井下虚拟仿真实验教学中心学生实验守则
7. 安徽理工大学井下虚拟仿真实验教学中心岗位聘任、职责、考核办法

2-7-3 管理规范

为提高教学质量,规范实验教学秩序,中心形成了校、院教学督导、中心实验教学督导、学生评教等全方位的教学质量监督体系;实行全年开放实验室;加强中心与知名企业进行广泛

深入的合作，联合共建实验室，引进设备、资金和技术的支持，实现将一流的设备和技术服务于实验教学的目标。中心鼓励教师申报实验教学改革项目和科研课题、撰写论文以提高教师的实验理论水平和实际科研能力，进而提高实验教学质量；定期组织学生参加学科竞赛活动。

2-8 虚拟仿真实验教学中心的特色与创新

2-8-1 虚拟仿真实验教学中心的特色

（1）“虚、实”实验的有机结合。虚拟仿真实验教学与原有实体实验相结合，真实实现了“以实为本、虚实结合”的实践教学要求；此外，中心在虚拟仿真实验项目建设时，进一步采用了“可进行物理仿真的，不采用数值仿真”的原则，使得仿真实验尽量做到实体感。

（2）“交互式、体验式”的过程操作。在虚拟仿真实验项目中，室内仿真实验主要由学生在一定的教师指导下自主完成，学生可以进行实验全过程的操作和体验，而其他虚拟仿真实验项目都设置了人机交互的功能，学生甚至可以有意进行“试错”实验，感受试验结果。

（3）真实虚拟过程。虚拟仿真实验项目的要求由长期兼职从事工程实践的教师进行策划，真实体现工程操作过程，完善了教学软件的许多模糊和不合理之处。此外，所有试验项目的目标都遵循各类项目建设全过程的节点要求，避免出现不同项目产生相互矛盾的结果。

（4）以真实的工程内容为依托，开展虚拟学习。以实际工程项目为依托，突出技能训练，强调职场场景，在三维场景下完成施工技术和施工工艺仿真训练，具有很强的职业性、情景性、过程性与互动性。重视教学设计，不同的知识单元含有诸如教学资源、技术规范、安全交底、技术交底、工程图纸、工作记录、项目进程、工具准备、技术分析等多种情境和技能训练教学模块。

2-8-2 虚拟仿真实验教学中心的创新

井下虚拟仿真实验教学中心建设过程中，试验项目和系统采纳了参与人员的创新性建议。

（1）以教师科研反哺学生实践教学。在许多软件的深化开发过程中，许多教师将最新的研究成果融入了软件的深化设计，如“矿井建设工程冻结信息化仿真系统研发”完善了矿井建设工程虚拟仿真实验系统的部分内容。

（2）企业深度介入学生的实践教学。在部分虚拟仿真实验项目的模型构建和内容设计时，许多紧密合作的校外实践基地企业主动为相关内容提出修改建议和企业、工程的实际操作与要求；在软件编制与界面设计中，合作的软件公司反复与专任教师进行沟通，不断磨合与改善，大大提高了软件的使用价值。

3. 资源共享

3-1 目前教学资源共享的范围和效果

(1) 基于学校信息化平台，实现校内资源共享

中心已完成的 6 个虚拟仿真实验系统的建设，服务于土木建筑学院、能源与安全学院、地球与环境学院、机械工程学院、化学工程学院等 5 个学院 10 余个专业。中心教学资源通过安徽理工大学井下虚拟仿真实验教学中心网站、安徽理工大学现代教育技术中心平台实现共享，本校师生可以按照身份信息在中心教学管理平台上注册后，便可以通过中心网站，在校园内、外授权使用虚拟仿真实验教学系统平台。

资源使用方式灵活多样，可以借助于 PC、笔记本、PAD、智能手机等多种终端设备，不受人数、时间、空间限制，在提升资源利用效率的同时，较好地满足了校内多学科、多专业、不同层次的实验教学需求，切实提高了学生创新能力和工程实践能力。

(2) 教学资源共享的效果

近五年，承担国家级和省部级科研课题 58 项，横向科研课题 160 余项，研究经费达 7615 万元；获国家科技进步二等奖 2 项，省部级科学技术奖励 25 项，其中省级一等奖 2 项、二等奖 7 项、三等奖 16 项；获国家发明专利和实用新型专利 12 项；发表学术论文 541 篇，其中 SCI、EI、ISTP 收录 112 篇。指导学生获国家挑战杯创业大赛金奖 1 次，省部级以上奖励 10 余次。

3-2 进一步实现共享的计划与安排

3-2-1 总体规划

以建设国家级虚拟仿真实验教学中心为契机，突出传统优势和学科交叉特色，建立有利于培养学生实践能力和创新能力的实验教学体系，建设适应现代实验教学需要的高素质实验教学队伍，创造仪器设备先进、资源共享、开放服务的实验教学环境，全面提高实验教学水平。在前期研究的基础上，进一步加强校企合作，并继续研究开发井下虚拟仿真实验内容，进一步扩展虚拟实验对真实实验的互补、优化功能。未来 5 年内，实验中心将致力打造一个管理有序，资源丰富的开放型虚拟实验教学平台。

3-2-2 计划与安排

(1) 分阶段推进虚拟仿真实验资源的共享，中心的示范作用。中心已经实现了校内和一定范围内的高校间的教学资源共享，未来将进一步深入开展共享机制体制探索，进一步完善现有的实验教学管理平台，计划在项目实施期的第一个年度内将现有虚拟仿真教学资源并入通用的资源管理平台，实现资源的共享的有序、可控管理。

(2) 拓展教学资源，充实实验项目，提升虚拟仿真教学资源建设水平。中心将进一步完善虚拟仿真实验资源平台，计划在项目实施期的第二个年度内提高虚拟仿真教学资源的互动性操作体验及智能化水平，同时将扩充虚拟仿真科研项目和面向工程应用的实际仿真项目，并将其引入中心的虚拟仿真教学资源，使教学资源更为充实。

(3) 继续加强与兄弟院校的合作交流，资源共享和合作，计划在项目实施期的第三个年度内与兄弟院校建立互联互通的共享资源中心，并建立师资共享的师资队伍建设制度，优势互补。

(4) 加强虚拟仿真实验教学的教师培养力度。在项目实施的整个过程中，中心将以学科或专业为依托，以实验课程或实验项目为基础，完善虚拟实验教学团队，开展对教师进行虚拟仿真技术应用和实验项目研发的培养。

(5) 形成虚拟仿真实验课程建设规范。在中心前期工作基础上，进一步总结和抽象虚拟仿真实验课程的开发模式，从而形成虚拟仿真实验课程建设规范，为其他学校建设虚拟仿真实验课程提供规范与参考案例，从而进一步推动虚拟仿真实验教学建设。

4. 条件保障

4-1 基础条件（仪器设备配置情况、环境与安全、运行与维护等）

4-1-1 仪器设备配置情况

1. 拥有优良安全的网络硬件条件：校园网建有符合国家标准传输中心机房和数据中心机房，主干为万兆；四条光纤连接互联网总出口达 1.5G；网络已覆盖教学区、学生宿舍区和实验中心共有 8 千多个信息点，覆盖学校教学、科研、管理与建筑的比例达 100%；建设有防火墙、入侵检测、实名有用户身份管理、认证和权限等级识别、全网防病毒、负载均衡、反垃圾、过滤王、备份容灾、VPN 远程访问设备等完善可靠的网络安全体系。校园门户网站上有校内外虚拟仿真实验教学信息，并提供虚拟仿真实验教学平台链接等相关服务，配置的服务器及机型、设备配置、操作系统和组件如表 2 所列。

2. 建设有先进的网络互动实验教室，可以较好地满足虚拟仿真实验教学的需要。

3. 虚拟仿真教学资源丰富：7 门省级精品课程和 2 门校级精品课程；数个专业学习网站等，以及 ABAQUS6.11、COMSOL4.2b、ADINA8.3、FEPC 等大型有限元仿真系列、施工动画系列、实验动画演示系列等资源，如表 5-表 7 所列。

表 5 有限元分析软件

(1)	ABAQUS	(2)	ANSYS
(3)	DIANA	(4)	COMSOL
(5)	ETABS & SAP 2000	(6)	FLAC 3D

表 6 虚拟现实软件

(1)	Multigen Vega	(2)	Multigen Creator
(3)	DI-Guy 等特效模块		

表 7 CAD 软件

(1)	Auto CAD	(2)	Civil 3D
(3)	PKPM	(4)	理正软件

4-1-2 环境与安全

(1) 中心实行安全责任制，中心主任为第一责任人，实验室主任则负责各实验室的安全管理，并向中心主任负责。

(2) 中心制定有《安徽理工大学井下虚拟仿真实验教学中心安全卫生管理制度》。各实验室设置醒目的标识牌，室室内与走廊墙上配挂相关图片（包含各实验项目的原理与步骤）和规

章制度。中心防火设施齐备，安全通道标识明显且畅通。中心实验室光线明亮，实验室面积、实验空间完全满足实验教学的要求。

(3) 在安全卫生方面中心落实实验员值班制度和安全保障制度，实验员和实验室指导教师落实安全卫生责任制，包括水、电、门、窗等都有专人负责，确保安全。学校指定专人负责中心大楼的保安保洁工作，保安 24 小时值班。自中心成立以来没有发生过任何安全事故。

4-1-3 运行与维护

(1) 虚拟仿真实验教学中心建立了实验室设备负责人制度。

(2) 实验教学中心严格执行《安徽理工大学仪器设备管理办法》、《安徽理工大学实验室安全管理规定》、《安徽理工大学大型仪器设备年度考评办法》、《安徽理工大学实验教学经费管理办法》、《安徽理工大学大型仪器设备开放共享管理暂行办法》等规章制度，并将执行结果纳入考核体系。

(3) 学校设置了专项设备维修基金，确保实验教学等设备的及时维护，保障实验教学包括虚拟实验教学的顺利进行。实验中心对外开放服务按成本收费，其收入作为运行经费的补充。

4-2 经费来源及使用规划

4-2-1 资金来源

为了进一步建设井下虚拟仿真实验教学中心，建设资金预计为 360 万元，主要来自：

- (1) 上级部门专项经费投入：100 万元；
- (2) 学校经费投入：50 万元；
- (3) 院级配套经费：50 万元；
- (4) 与企业合作产学研获得经费：100 万元；
- (5) 自筹经费：60 万元。

4-2-2 经费使用规划

主要包括教师队伍建设经费、运行与管理经费、大学生创新教育基地、井下虚拟仿真实验室建设经费，经费预算见表 8。

表 8 建设经费预算

序号	支出科目	金额 (万元)	计算根据及理由
1	调研	10.0	到国内相关高校调研虚拟仿真实验教学中心建设经验所需的业务费、差旅费
2	学术交流	15.0	举办和参加国际、国内相关学术会议费用
3	师资队伍建设	40.0	中心引进高水平人才、教师进修和攻读学位、教学团队建设及聘请兼职教师等费用
4	实验室建设	200.0	实验设备、实验耗材购置，实验设备维修和实验环境建设
5	教材建设	20.0	出版教材 5 部，每部 2 万元
6	学生参加各类竞赛活动	10.0	支持学生参加相关科技创新竞赛活动所需的差旅费，资料费，培养费
7	教学资源库建设	20.0	增加和完善中心虚拟实验内容，中心资源共享平台建设等
8	教学研究及改革	10.0	虚拟仿真实验教学模式探讨
9	发表论文及创新能力培养	18.0	版面费，材料费及大学生科技竞赛和挑战杯竞赛相关费用
10	学生科技创新活动基地建设	17.0	资助学生建立创新制作中心、创新活动中心、创意组合实验室等
合 计		360.0	

5. 学校和主管部门意见

<p>学校意见</p>	<p>井下虚拟仿真实验教学中心教学队伍结构合理，建立了适应学生实践能力培养的实习实训教学模式；设备先进，能够满足现代虚拟教学的要求；项目申请书的建设思路清晰，目标明确，方案科学可行，具有创新性和先进性，预期目标可测量。</p> <p>经审核，同意推荐井下虚拟仿真实验教学中心申报国家级虚拟仿真实验教学中心。</p> <p>负责人签字 (公章)</p> <p>2014 年 10 月 10 日</p>
<p>教育主管 部门意见</p>	<p>负责人签字 (公章)</p> <p>年 月 日</p>