

doi:10.11835/j.issn.1005-2909.2022.03.025

欢迎按以下格式引用:夏英杰,赵丹晨,唐春安,等.新冠疫情下高校数值计算云平台创新教学方法探索[J].高等建筑教育,2022,31(3):188-197.

新冠疫情下高校数值计算云平台创新教学方法探索

夏英杰¹,赵丹晨¹,唐春安¹,梁正召¹,张永彬²

(1.大连理工大学 海岸和近海工程国家重点实验室,辽宁 大连 116024;

2.力软科技(大连)有限公司,辽宁 大连 116000)

摘要:新冠肺炎疫情背景下,为保障师生生命健康安全,教育部下发了“停课不停教、停课不停学”的教学指导意见。针对疫情期间高校实验课程线上教学难度大、学生参与率低、学习效果差等问题,提出了基于数值计算云平台的高校实验课创新教学方法。该方法有效地解决了工学实验类课程枯燥乏味问题,提高了学生学习兴趣和学习效率;通过对云计算平台数值计算软件的学习与操作,有效地提高了学生认识和解决工程问题的能力;通过对工程实际问题的总结,提高了学生的科研素质,为其科研道路发展奠定了良好基础。

关键词:新冠肺炎疫情;工学;数值计算;云平台;教学模式

中图分类号:TU45;G642.0

文献标志码:A

文章编号:1005-2909(2022)03-0188-10

2020年1月,新冠肺炎疫情暴发并向全国蔓延,疫情呈现传播速度快、传染性强以及波及范围广等特点。为解决疫情期间高等学校学生课程学习问题,教育部于2020年2月5日印发了《关于在疫情防控期间做好普通高等学校在线教学组织与管理工作的指导意见》,要求在政府主导、高校主持、社会参与的努力下,共同实施并保障高等学校在疫情防控期间线上教学活动,进而实现“停课不停教、停课不停学”^[1]。

在对教育部指导意见贯彻过程中,许多高校教师针对相关课程特点,开启了广泛的线上教学活动,并对线上教学方式、方法进行改革,取得了较好的教学效果。例如,左秋娟等^[2]通过分析目前网络课程建设形式,对西藏地区的线上教学模式进行了深入调研,提出了构建教育云平台的设想;张辉等^[3]系统分析了目前成人高等学历教育所存在的问题,提出了网络教育、业余教育与函授教育相

修回日期:2021-02-21

基金项目:国家自然科学基金(42077251,41807269);大连理工大学中央高校基本科研业务费资助(DUT20RC(3)011)

作者简介:夏英杰(1987—),男,大连理工大学土木工程学院、海岸和近海工程国家重点实验室副研究员,博士(后),主要从事岩石力学教学研究,(E-mail)xiayingjie@dlut.edu.cn;(通信作者)赵丹晨(1998—),男,大连理工大学土木工程学院硕士生,主要从事岩石破裂与失稳方面研究,(E-mail)ZhaoDanchen@mail.dlut.edu.cn。

融合模式,在混合培养方式的基础上搭建了在线教育云平台,极大地促进了成人高等学历教育的进步与发展;黄文敏^[4]认为在教育云平台的建设过程中,教师资源整合十分重要,需要将传统教师转化为云系统线上教师;王辉等^[5]针对二维码容量小以及信息滞后等问题,构建了基于数字活码技术的高校教育云平台,采用该平台可方便获取相关教育信息,对教育云平台的相关服务实现了有效管理;覃健诚等^[6]构建了采用双层虚拟网络架构的“慧眼云”技术,通过对该技术在广东地区试点的应用情况分析,证明了相关技术的有效性;马良栋等^[7]提出了 BIM 研究与实践创新云服务平台的建设思路,并总结了 BIM 研究与实践创新云平台的建设方案,为 BIM 技术纳入建筑与土木工程专业的课程体系提供借鉴;刘国光等^[8]开发了实验教学云平台,建立了机场道面损伤状况动态采集分析系统,通过开放性实验开发,方便本科生识别道面损伤类型、评判道面损伤程度等。

线上教育开展主要涉及教师、学生以及教学平台三个主体^[9],其中教师和学生分别是线上教育的主体和客体,而线上教学平台则是连接主体与客体的直接“桥梁”。高校工学岩石力学以及高等岩石力学课程作为土建类本科及研究生的重要基础课程,具有理论性强、涉及相关概念多、实践性强等特点^[10]。实验教学和理论课程作为岩石力学专业中理论与实践相结合的重要教学环节,对培养学生的工程意识和积累实践经验有重要作用^[11]。然而,目前岩石力学实验教学仍存在以下不足,且在疫情背景下呈现出新的特点,主要表现为以下几方面:(1)疫情背景下,岩石力学实验课程由于无法在实验室进行,导致学生无法动手操作实验,一些高校虽然采用录制课件方式进行,但由于教与学过程缺少及时交流,使学生不能及时理解实验过程的知识内容,教学效果较差;(2)学生数量大,且由于岩石力学试验为破坏性试验,成本较高,无法满足每个学生单独操作试验机的机会,在实验教学过程中主要靠实验教师讲解与操作演示^[12];(3)岩石力学实验教学以验证为主,且实验内容多为经典曲线,缺少创新性的实验设计,最终导致实验报告基本雷同;(4)在实验教学过程中,物理演示实验虽然直观,但岩石试件在破坏过程中的应力、位移、能量等信息无法直观显示,导致学生对相关概念的理解不深。

数值仿真技术和云计算技术是近些年以电子计算机和互联网技术为基础兴起的相关技术。其中,数值仿真技术基于电子计算机技术,通过对有限元等数值计算方法、图像处理技术与方法的结合,实现对工程、物理等问题的直观研究。云计算技术以并行处理技术、分布式处理技术以及网格计算技术为基础,通过应用软件和虚拟仿真相关技术组成新型基础架构^[13]。云计算技术的本质在于采用虚拟化的技术和面向用户的架构模式,将网络服务器群资源及其处理能力进行整合,进而为用户提供安全、有效、便捷的数据服务^[14]。云计算技术的最大优点在于任何地方用户,都可以利用网络终端对相关数据进行访问。通过数值仿真技术和云计算技术的有效结合,可实现在高校岩石力学相关课程中应用。一方面,不仅可以解决传统实验室演示实验中的直观显示问题,而且还可以避免实验过程中的多次重复,进而降低实验成本,并极大提高学生对岩石力学实验的认识与参与度;另一方面,在云平台上进行数值仿真的过程中,通过云计算技术的应用,可以降低数值仿真软件对硬件设备的要求,解决普通个人电脑无法实现大规模数值仿真计算和疫情期间高等学校岩石力学实验上课难的问题。因此,本文通过对数值仿真技术和云计算技术的综合应用实践,探讨基于高校工学数值计算云平台的创新教学方法,旨在为相关学科的实验课程教学提供参考。

一、基于数值仿真软件的高校工学数值计算云平台

(一) 数值计算云平台结构组成

在结构组成上,数值计算云平台主要包括数值计算软件和云计算平台两部分。其中,数值计算软件根据所采用的计算方法,可以分为有限元法、有限差分法、边界元法、离散元法、流行元法、拉格朗日法、不连续变形法以及无网格法等。相比个人电脑端的数值计算软件程序,安装在数值计算云平台的数值计算软件需满足相应的平台环境配置,具体则视不同数值计算软件的运行环境而定。云计算平台体系结构,主要包括应用层、平台层、资源层、管理层与用户访问层五种,如图1所示。其中,资源层是将大量相同或相近类型的资源,构成相同结构或者近似相同结构的资源池,如数据资源池、物理资源池等;平台层可以为用户提供对资源层相关服务的封装,并在此基础上使用户能够实现对各功能的应用;应用层可以为用户提供软件使用服务;管理层可实现对所有层次云计算平台的管理功能,如安全管理、服务目录管理、服务使用计量、服务使用管理、部署管理以及运行监控等;用户访问层可以为用户提供云计算所需的各种支撑体系,针对不同层次的云计算服务提供相应需要的接口。

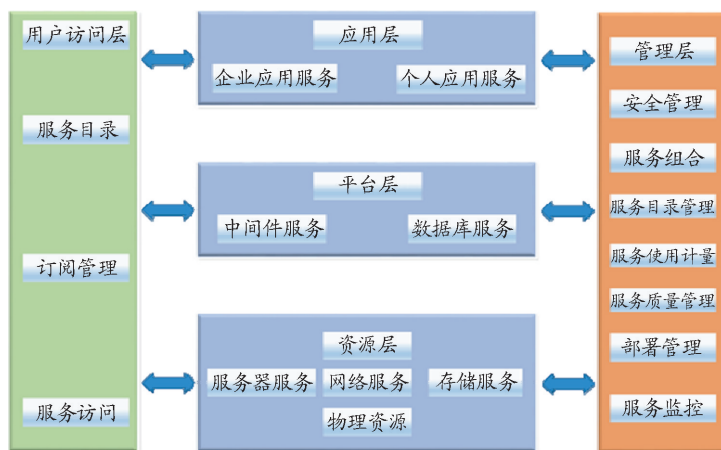


图1 云计算平台结构组成示意图

云计算平台的本质在于以网络技术为手段,对相应用户提供计算服务。通过数值计算软件与云计算平台的有机结合,实现数值计算软件在云计算平台中的功能搭载,和对数值计算软件的云应用。

(二) RFPA 数值计算软件

真实岩石破裂过程数值计算分析系统(Realistic Failure Process Analysis, RFPA),是基于有限元计算方法与统计损伤理论,在充分考虑岩石材料的非均匀性和岩体结构缺陷随机性的基础上,将岩体材料相关性质的统计分布假设与有限元数值计算方法相结合^[15,16]。在力学边界条件的加载下,对满足相应强度准则的有限元单元进行破坏处理,使得具有非均匀性特征材料的破坏过程能够以数值仿真的方法得以实现。由于RFPA数值计算方法考虑到岩体材料的非均匀特性,使其能够解决岩土工程中多数模拟软件无法进行破坏模拟的问题,如岩体边坡失稳、隧洞开挖、水工高坝安全稳定分析等。

RFPA系列数值计算软件,在解决以上岩体工程相关问题的基础上,更为直观地呈现岩体相关模型在加卸载等力学边界条件下的破坏过程,加深了学生对岩石力学课程中理论知识的理解^[17]。

此外,基于 RFPA 数值计算软件,不同研究问题方面已有大量相关“可视化”研究成果,这些成果可直接应用于对岩石力学相关学科实验成果的辅助教学。将 RFPA 数值计算软件与云计算平台相结合,实现 RFPA 数值计算软件在云计算平台上的搭载,可以使学生在疫情期间及正常教学期间完成对岩石力学实验相关课程的学习。通过登录云计算平台,解决普通个人电脑端对于数值计算模型单元数量受限的问题,使学生在疫情期间对岩石力学实验相关课程学习能够摆脱时间、空间、设备、硬件等条件限制。学生个体依托云平台进行 RFPA 数值计算模拟,使岩石力学实验教学具有参与化、去地域化、直观化等特点,进而激发学生对岩石力学课程的学习兴趣。

二、基于数值计算云平台的教学方法改进——以云平台 RFPA 3D 为例

(一) 教学方法创新思路

新冠疫情背景下,基于数值计算云平台的教学改革总体思路,如图 2 所示。首先,通过线上课堂教学,分别对高校工学岩石力学相关现场地质调查情况、岩石力学基础理论与试验方法、云平台数值试验方法以及相关学科的交叉融合知识点进行介绍,目的是让学生了解岩石力学课程的相关内容,并对岩石力学课程有一定的总体认识。其次,开展实验室岩石力学基本试验,对岩石力学课程中岩石单轴压缩试验、巴西劈裂试验等进行演示。疫情期间直接开展岩石力学室内试验的教学难度较大,可以采用录制+讲解的方法,提前给出相关试验的要点。再次,采用视频教学加云平台上机操作相结合的方式,开展基于岩石力学理论模型让学生开展云平台岩石力学数值试验。通过不断改变数值试验中模型的边界条件、几何条件以及力学参数等,在对比室内试验参数的基础上得到云平台数值计算所需计算参数。最后,根据岩土、采矿工程学科工程实际,基于云平台数值试验方法所获取的岩石力学参数,对具体工程问题进行模型建立,根据数值试验结果对工程相关的实际问题进行分析,并给出具体工程指导。

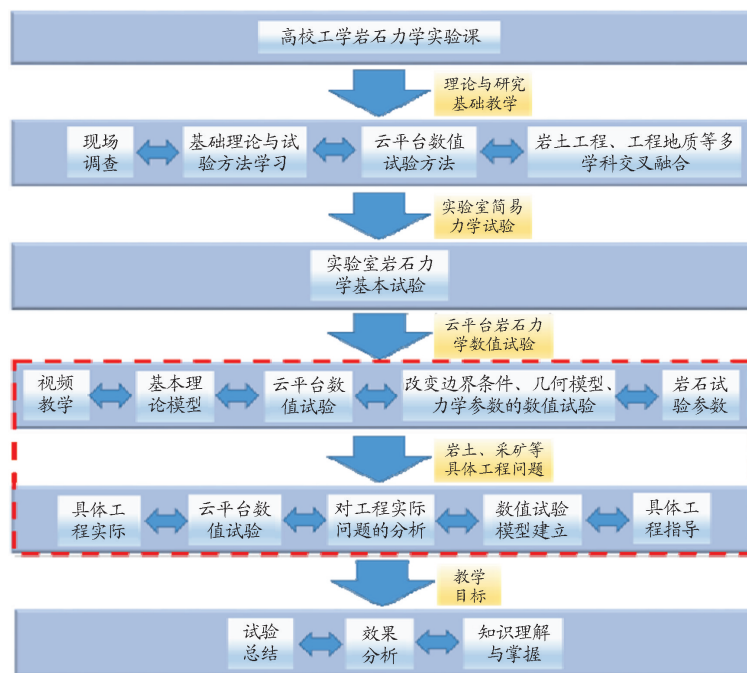


图 2 基于数值计算云平台的疫情背景下教学改革总体思路

在以上教学方法创新思路中,云平台岩石力学数值试验与具体工程问题分析是教学方法的要点。通过对数值计算云平台与线上教学方法的结合,使学生能够结合数值计算云平台的结果,对岩土工程相关问题进行分析,加深学生对岩土工程实际问题的认识,达到对岩石力学知识理解与掌握的目的。

(二) 数值计算云平台使用方法——以云平台 RFPA 3D 为例

数值计算云平台使用主要包括云平台登录和 RFPA 3D 数值计算软件应用两个方面。对于数值计算云平台的使用,首先需登陆云数值计算平台,并安装图形插件。在平台下载中心,根据自己的操作系统选择相关的图形插件进行下载与安装。图形插件下载安装后,点击连接即可登录至数值计算云平台,然后开始数值建模、计算、数据处理以及分析等工作,所建立的数值计算模型如图 3 所示。

对于 RFPA 3D 数值计算软件的基本原理与具体使用,可以参考 RFPA 3D 云平台用户手册(中文版),在这里不再进行赘述^[18]。

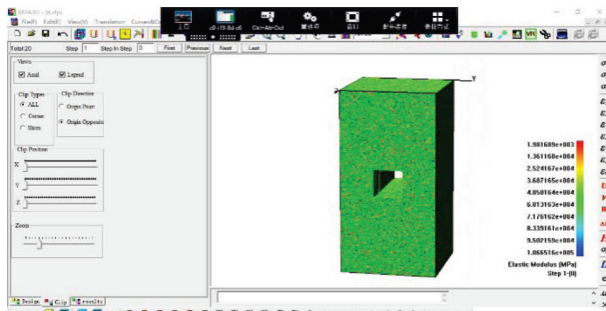


图 3 基于数值计算云平台建立的数值计算模型

(三) 数值计算云平台使用指导

在新冠肺炎疫情期间,为加强对学生数值计算云平台指导,建立了相关线上交流群,对学生在云平台数值计算学习过程中所遇到的问题进行及时答疑。在问题的解决过程中加深学生对岩石力学课程基本概念、数值计算方法的认识,进而加强学习效果,真正实现“停课不停学”的教学目的。

三、高校工学数值计算云平台教学效果评析

(一) 以数值试验方法加强探索式学习

在传统岩石力学课程教学中,主要通过单/三轴压缩试验、巴西劈裂试验、剪切试验以及弯曲试验等方法的试验结果来建立相关理论模型与破坏准则。然而,这些经典理论和判断准则,大多数以数学公式的形式进行展现,其学习过程极为枯燥,难以激发学生的学习兴趣。

在岩石力学理论课学习的基础上,通过数值计算云平台的使用,开展 RFPA 3D 数值试验;通过数值计算模型的建立,将岩石试样从微破裂至宏观破坏的过程显现出来,并具体给出岩石试样在破坏过程中的位移场、应力场以及应力—应变关系曲线,如图 4 所示。在对云平台基本数值计算方法掌握的基础上,通过改变不同的岩石试样几何模型、力学边界条件、岩石基本力学参数以及非均匀性程度,开展无标准答案的岩石力学数值试验,避免了学生课后作业完成过程中互相抄袭的问题,

改善了学生课后学习效果。另外,通过多次数值试验,有效地促进了学生对岩石在破坏过程中的相关机理理解。

(二) 数值试验方法与岩体工程实际相结合

岩石力学相关理论方法以及解决问题的目的都来源于具体工程实践,在不断改进和完善的基础上,对其他工程建设起到指导作用。因此,在岩石力学课程的教学过程中,要注意将岩石力学理论与工程实际相结合,帮助学生增强对工程中“岩体”相关概念的认知,使岩石力学教学与工程实际紧密结合。针对岩石力学课程与油气开发、工程地质、岩土工程、采矿工程等相关学科及工程实际的结合点,通过云平台数值试验可以获得水力压裂、采场、边坡等工程在复杂应力状态下的破坏过程,如图5所示。学生在此过程中,可以清晰地观察石油开采过程中水力压裂裂缝的萌生、贯通、扩展以及延伸过程,并且能够模拟出岩体能量场演化过程,这些都是在传统岩石力学实验课程上难以进行并观测的。同时,学生可以根据自己对于工程实际模型及力学边界条件的掌握情况,对更加复杂的工程问题进行模型建立和力学边界条件加载,从而进行更为深入的数值试验,最终达到指导工程的目的。

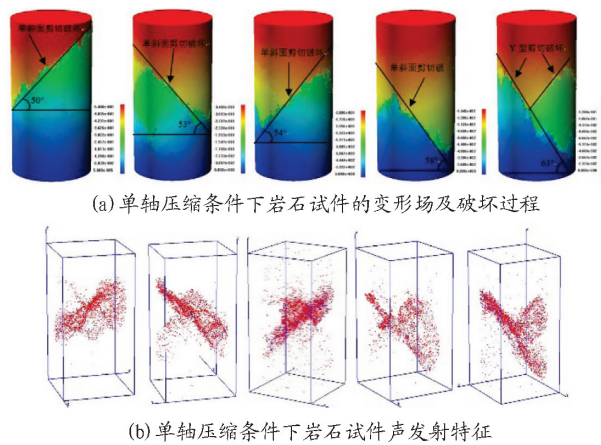


图4 单轴压缩条件下岩石试件的变形场、破坏过程及声发射特征

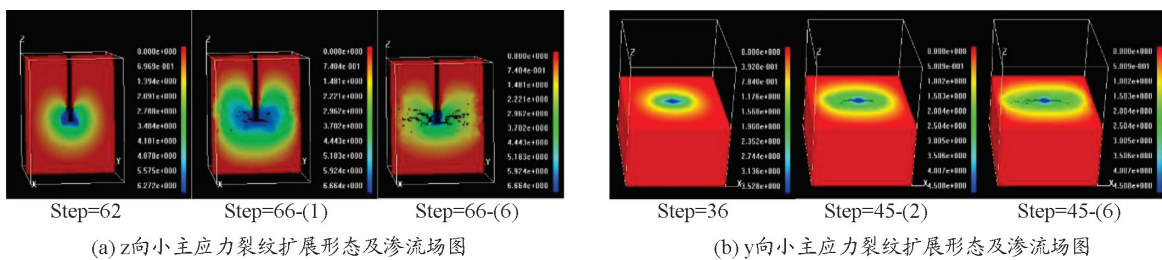
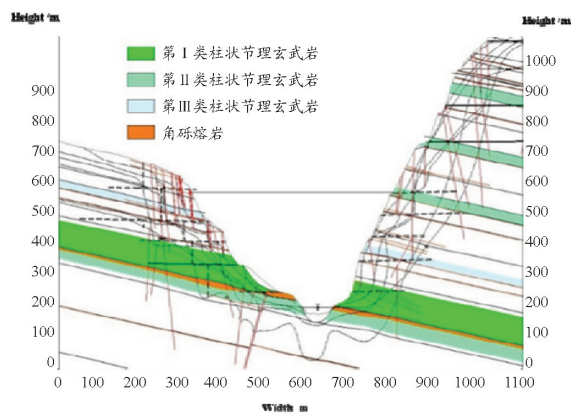
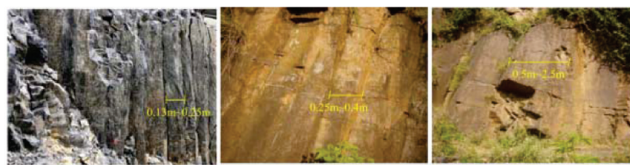


图5 水力压裂过程中水力裂缝的具体演化过程

岩石力学课程与水电工程建设密切相关。例如,在白鹤滩水电站的坝基、给水洞、排水洞等关键工程部位都广泛分布有柱状节理岩体,如图6所示^[19,20]。由于柱状节理岩体的结构特殊性,使其具有明显的各向异性特征,了解和掌握柱状节理岩体的相关力学特性对于水电站的设计、施工及安全稳定性评价都具有十分重要的意义。另外,如此大规模的工程建设,所遇到的岩石力学问题众多,则是进行岩石力学课程教学的优秀案例。



(a) 白鹤滩水电站柱状节理岩体分布区域



(b) 不同柱体直径的柱状节理玄武岩

图 6 白鹤滩水电站柱状节理岩体分布及特征

然而,由于白鹤滩水电站远在四川省与云南省的交界处,且路程艰险,无法要求学生到达工程现场,让学生切身感受工程建设的壮观及其在建设过程中所遇到的问题。通过数值计算云平台的使用,可以使学生真正了解相关工程建设,如白鹤滩柱状节理玄武岩除具有玄武岩柱体以及柱间节理面等结构外,还具有广泛分布的缓倾角结构面以及隐微裂隙等知识内容^[21]。一般对于天然柱状节理岩体力学特性的研究,无论是实验室物理试验还是数值计算方法,都是将柱状节理岩体简化为规则结构,因此所得到的力学特性及其变化规律与岩体实际会有所不同^[22,23]。

另外,通过数值计算云平台的使用,还可以建立基于不同结构的柱状节理岩体模型。如图 7 所示,分别基于数值计算云平台建立含隐微裂隙结构的非规则柱状节理岩体模型、不含隐微裂隙结构的非规则柱状节理岩体模型以及柱状节理岩体概化模型,通过对比三种数值模型在相同力学边界条件下的破坏模式及声发射特征,可实现对不同结构柱状节理岩体的破坏模式及声发射特征的探讨,分析影响岩体破坏模式的主要原因,进而为工程建设提供针对性建议。

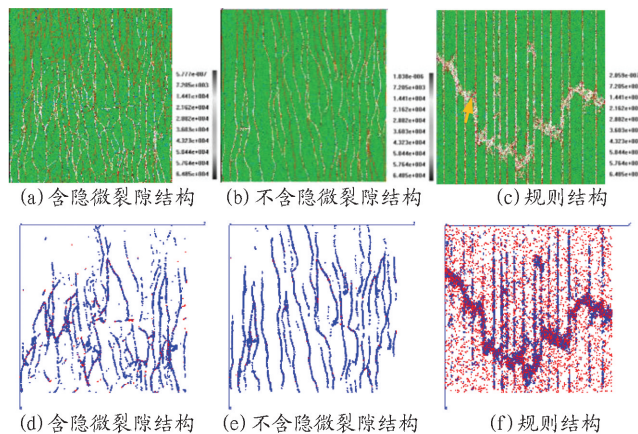


图 7 不同结构柱状节理岩体的破坏及声发射模式对比

通过数值计算云平台的使用,将高校工科岩石力学的教学与具体工程实践相结合,大大激发了学生对岩石力学课程的学习兴趣,切实提高了学生对于岩体力学相关工程问题的认识与理解,从而改善了岩石力学课程教学效果。

(三) 通过课程学习培养学生的科研能力

教学与科研共同提高、相互促进是高校科研与教育发展的永恒主题。以科研促进教学、以教学培养人才是“双一流”建设的重要指标。在教学过程中,充分利用数值计算云平台及其他相关设备,将最新的科学研究成果或者工程现场实际、物理试验及数值计算科研成果融合于课堂教学,特别是在疫情背景下通过线上课堂的方式对学生进行讲授与演示,则为高校工科岩石力学相关课程提供新的教学方法、注入新的活力,提高学生对于课程学习的热情,拓展了学生的学习视野,进而增强了学生在工程实践方面的创造性思维和以科学研究角度进行课程学习的能力。

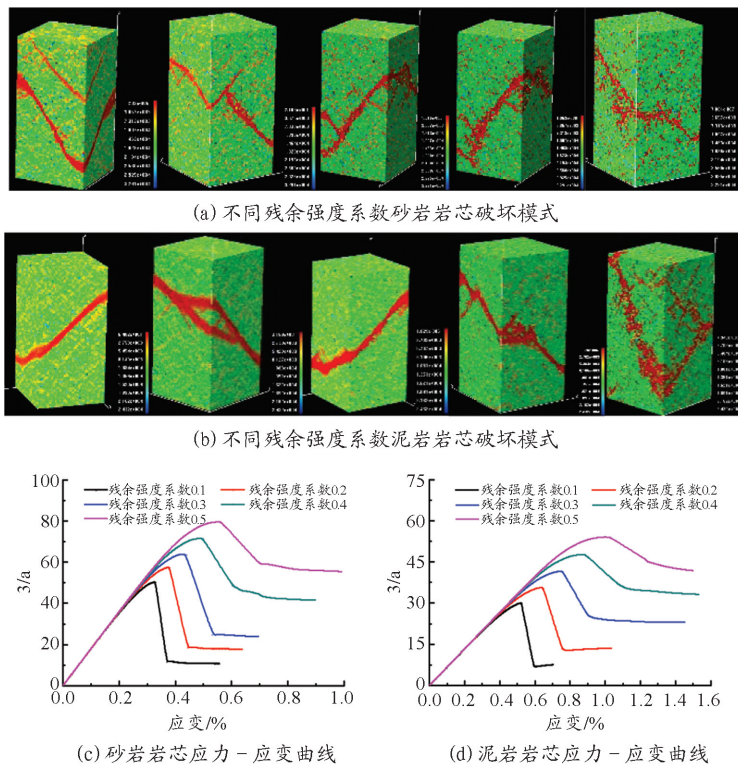


图8 不同残余强度系数砂岩和泥岩岩芯的破坏及力学特征

对于石油开采中砂岩层和泥岩层水力压裂的问题,在前期现场调研的基础上,开展了不同残余强度系数条件下砂岩和泥岩岩芯在单轴压缩条件下的数值试验,利用云数值计算平台获取砂岩和泥岩岩芯的破坏过程及应力-应变曲线,以研究不同种类岩石材料的特征强度及破坏过程,为不同岩层油气开采的水力压裂施工提供指导,部分数值试验结果如图8所示。在云平台数值试验结束后,引导学生对目前水力压裂过程的前沿问题进行研究,通过查找资料、阅读文献,将数值试验过程中无法在实验室室内试验观测到的裂隙萌生、扩展、贯通与破坏整个演化过程进行详细描述,进而对岩芯在破坏过程中的规律进行总结。另外,鼓励学生将所研究发现的成果以科研论文的形式进行发表,可极大地提高学生的科学研究素质与水平。

由于基于RFPA系列数值计算软件的云计算平台具有操作简单、实用性高等特点,对于岩石力学和高等岩石力学等课程中的多数试验,都可以在该平台进行模拟试验教学。在新冠疫情期间,该

数值计算平台已经在大连理工大学、东北大学、中国矿业大学、成都理工大学、辽宁工程技术大学等高校使用,教学效果显著。

四、结语

新冠肺炎疫情期间,针对高校工科实验课程线上教学所产生的学习效率低、理解难度大以及教学效果差等难题,利用云数值计算平台,对疫情背景下岩石力学实验课的教学方法进行了思考和创新,并付诸实践,取得了较好教学效果。

(1)基于数值计算云平台的高校工学岩石力学教学新方法,通过疫情期间实践验证,证明该方法可以有效解决岩石力学线上理论课枯燥乏味的问题,极大地提高了学生的参与度,使学生的学习兴趣和学习效率有效提高,保证了疫情期间“停课不停学”的教学目标。同时,云平台的简易操作特性也使其在相关高校进行线上教学实践成为可能。

(2)通过数值计算云平台的使用,使工学岩石力学实验课程与工程建设、物理试验相结合,解决了传统岩石力学实验课程以演示为主,无法满足所有学生开展实验的问题,同时通过对云计算平台数值计算软件的实际操作,极大地提高了学生认识、解决工程实际问题的能力。

(3)在云计算平台数值试验结果分析的基础上,引导和鼓励学生对相关工程中存在的具体问题进行探索,并将探索结果以科研论文的形式进行发表,极大地提高了学生的科研素质与科研水平,为其科研道路发展奠定了良好基础。

参考文献:

- [1]余闯.疫情防控期间做好高校在线教学组织与管理工作[EB/OL].(2020-02-05)[2020-02-06].[http://edu. people. com. cn/n1/2020/0206/c1053-31574077. html](http://edu.people.com.cn/n1/2020/0206/c1053-31574077.html).
- [2]左秋娟,宋泽华.教育云平台下西藏高校网络课程建设模式探究[J].计算机时代,2020(2):102-105.
- [3]张辉,周欢,吴东升.基于新常态的成人高等学历教育发展策略思考[J].合肥工业大学学报(社会科学版),2018,32(6):109-113.
- [4]黄文敏.从学校教师到系统教师:基于教育云工程的教师资源整合[J].教育理论与实践,2018,38(34):36-39.
- [5]王辉,潘俊辉,王浩畅,等.基于活码技术的高校智慧教育云平台构建研究[J].重庆科技学院学报(自然科学版),2019,21(6):82-85,104.
- [6]覃健诚,陆以勤,钟宇.教育云的实现技术及其理论基础[J].教育信息技术,2013(5):10-14.
- [7]马良栋,张吉礼,梁若冰,王宝民.建设BIM研究与实践创新基地的探索[J].高等建筑教育,2016,25(1):150-154.
- [8]刘国光,武志玮,易莹,等.基于云技术的新型实验教学平台开发[J].高等建筑教育,2014,23(1):127-129.
- [9]杨海军,张惠萍,程鹏.新冠肺炎疫情期间高校在线教学探析[J].中国多媒体与网络教学学报(上旬刊),2020(4):194-196.
- [10]刘宗辉,周东,胡旭,等.岩石力学三层次实验教学体系建设探索[J].实验室研究与探索,2019,38(5):140-143.
- [11]杨天鸿,张春明.金属矿山岩石力学与安全开采虚拟仿真教学实验中心虚拟现实系统设计与实现[J].实验室科学,2019,22(3):171-177.
- [12]杨永康,张百胜,段东,等.基于数值试验的地矿类专业岩石力学实验教学教学改革[J].实验技术与管理,2018,35(6):211-214,230.
- [13]余华,刘岚,姚敏,等.虚-实结合实验云平台在“新工科”背景下的应用研究与实践——以TIMS远程在线实验系统为例[J].当代教育实践与教学研究,2020(6):36-39.
- [14]M. P, Das D. Comparative Analysis of IoT based Healthcare Architectures [J]. International Journal of Computer Applications,2017,161(10):33-37.
- [15]Tang C A . Numerical simulation of progressive rock failure and associated seismicity [J]. International Journal of Rock

- Mechanics and Mining Sciences,1997,34(2):249-261.
- [16] Xia Y J, Li L C, Tang C A, et al. A New Method to Evaluate Rock Mass Brittleness Based on Stress-Strain Curves of Class I [J]. Rock Mechanics and Rock Engineering, 2017, 50(5):1123-1139.
- [17] 李群英, 郑学荣, 毛晶, 等. 实践教学平台对人才培养模式的探索[J]. 实验室科学, 2015, 18(4):215-217, 220.
- [18] RFPA 3D 云平台用户手册[M]. 力软科技(大连)股份有限公司, 2020.
- [19] Yingjie Xia, Chuanqing Zhang, Hui Zhou, et al. Structural characteristics of columnar jointed basalt in drainage tunnel of Baihetan hydropower station and its influence on the behavior of P-wave anisotropy [J]. Engineering Geology, 2020, 264:105304.
- [20] Yingjie Xia, Chuanqing Zhang, Hui Zhou, et al. Mechanical Anisotropy and Failure Characteristics of Columnar Jointed Rock Masses (CJRM) in Baihetan Hydropower Station: Structural Considerations Based on Digital Image Processing Technology[J]. Energies, 2019, 12(20):1-24.
- [21] Yingjie Xia, Chuanqing Zhang, Hui Zhou, et al. Mechanical behavior of structurally reconstructed irregular columnar jointed rock mass using 3D printing[J]. Engineering Geology, 2020, 268:105509.
- [22] Jin C, Li S, Liu J. Anisotropic mechanical behaviors of columnar jointed basalt under compression [J]. Bulletin of Engineering Geology and the Environment, 2016, 77(1):317-330.
- [23] Ji H, Zhang J C, Xu W Y, et al. Experimental Investigation of the Anisotropic Mechanical Properties of a Columnar Jointed Rock Mass: Observations from Laboratory-Based Physical Modelling[J]. Rock Mechanics and Rock Engineering, 2017, 50(7):1919-1931.

The innovation of teaching method based on cloud computing platform under the background of COVID-19 epidemic

XIA Yingjie¹, ZHAO Danchen¹, TANG Chun'an¹, LIANG Zhengzhao¹, ZHANG Yongbin²

(1. State Key Laboratory of Coastal and Offshore Engineering, Dalian University of Technology, Dalian 116024, P. R. China; 2. Dalian Mechsoft Co., Ltd., Dalian 116000, P. R. China)

Abstract: Under the background of COVID-19 epidemic, to protect the health and safety of teachers and students, the Ministry of Education issued the guidance on “classes suspended but learning continues”. In view of the problems such as the difficulty of online teaching, the low participation of students and the poor learning effect of experimental courses in colleges and universities, the innovative teaching method of experimental courses in colleges and universities based on the cloud platform of numerical calculation is proposed. The method solves the boring problems of engineering experimental courses during the epidemic period effectively, and improves students’ interest and learning efficiency. Through the actual operation of the cloud computing platform and numerical calculation software, it improves students’ ability to understand and solve engineering practical problems. In addition, based on the summary of engineering practical problems, it improves students’ scientific research quality and lays a good foundation for the development of their scientific research path.

Key words: COVID-19 epidemic; engineering; numerical simulation; cloud computing platform; teaching mode

(责任编辑 崔守奎)