

doi:10.11835/j.issn.1005-2909.2024.05.018

欢迎按以下格式引用:王智德,江俐敏,夏元友,等.岩石力学公共实验课程教学项目的建设思考[J].高等建筑教育,2024,33(5):142-148.

岩石力学公共实验课程教学项目的建设思考

王智德¹, 江俐敏², 胡静¹, 夏元友¹, 谢全敏¹

(1. 武汉理工大学 土木工程与建筑学院, 湖北 武汉 430070; 2. 武汉职业技术学院 建筑工程学院, 湖北 武汉 430074)

摘要:岩石力学实验课是一门为补充岩石力学理论而开设的实践性课程。结合武汉理工大学土木工程专业研究生培养计划,以岩石力学公共实验课程教学项目为例,从该课程开设背景和目的出发,阐述实验课程教学体系、课程内容建设过程,以及教学方法和教学手段,并构建了教学质量保证体系。对实验课程教学建设模式进行总结和思考,提出课程教学后期建设需完善的几个要点。结果表明,该实验课程建设实施方案可行,建设成果能较好地应用于研究生课程的具体实践,能较好地提升岩土工程专业研究生的教育质量,在某种程度上促进学科建设与发展。

关键词:岩石力学;实验教学;课程建设;课程体系;研究生培养

中图分类号:G642;TU4 **文献标志码:**A **文章编号:**1005-2909(2024)05-0142-07

2020年,为贯彻落实《教育部关于改进和加强研究生课程建设的意见》,加强研究生课程建设,强化研究生实践动手能力,提高研究生科研创新能力,推进学校拔尖创新人才培养,武汉理工大学研究生院开展了公共实验课程建设项目申报工作。岩石力学实验课程作为高等工科院校研究生教学的重要环节,是理论联系实际的基础,土木工程与建筑学院借此次实验课程建设契机,申报了岩石力学公共实验课程项目。该实验课程内容与高等岩石力学理论课程配套,是岩石力学理论实践性课程的重要补充。经过运行,取得了一定的成效,对研究生的知识拓展和能力培养有较好的促进作用,但也存在亟需解决的问题。在工程教育专业认证潮流下,不少高校结合自身特点,不断调整和完善实验教学,从而更好地达成研究生培养目标和要求^[1];部分高校通过公共实验中心建设提高研究生培养质量,提升研究生科研动手能力^[2];还有不少高校对岩石力学实验教学平台建设、实验平台管理进行探讨和改革,以推动岩石力学教学整体发展^[3-6]。文章就该实验课程教学项目建设进行总结,并对建设过程中存在的问题进行思考。

修回日期:2022-06-30

基金项目:湖北省教育科学规划课题(2017GB167);武汉理工大学教学改革研究项目(w2017049;w201914)

作者简介:王智德(1983—),男,武汉理工大学土木工程与建筑学院副教授、实验中心常务副主任,工学博士,硕士生导师,主要从事实验教学研究,(E-mail)wangzhide-wuhan@whut.edu.cn。

一、岩石力学实验课程在研究生培养中的重要性

(一) 实验课程开设背景

武汉理工大学是首批国家世界一流学科建设高校,首批国家“211工程”建设高校,是具有鲜明理工特色的教育部直属全国重点大学。岩石力学实验课程是土木工程与建筑学院首次开设的实验课程之一,主要依托岩土工程学科建设的实验教学平台和正在进行的土木工程结构抗震减灾动力试验系统建设项目。学院已拥有多类大型岩石力学设备,如岩石(单轴)三轴试验机、岩石剪切试验机、岩石真三轴试验机、岩石点荷载仪,以及其他岩石加工设备等,如图1所示。同时配备探索研究类设备,如岩石岩爆模拟装置、SHPB(分离式霍普金森压杆)系统等,如图2所示。在仪器设备方面基本能满足学术型和专业型硕士研究生开设岩石力学实验选修课程的要求,学院首次开设岩石力学实验课程,且将该课程作为专业选修课程。下一步,学院将该课程逐步发展成为土木工程专业的公共实验课程,通过该平台的建设,一方面满足实验教学,提供研究生在岩石力学实验课程的教学所需,另一方面为研究生提供岩石力学创新实验项目实践。



(a) 岩石(单轴)三轴试验机



(b) 岩石剪切试验机

图1 常规岩石试验设备



(a) 岩石岩爆模拟装置



(b) 分离式霍普金森压杆系统

图2 探索研究类岩石试验设备

(二) 目前存在的主要问题

由于岩石在形成过程中的特殊地质特性不等同于混凝土等均质体,其表现出的力学特性相当复杂,而现有的岩石力学理论基础对不同类型岩石的力学行为不具备较好的诠释,在实际工程中,现有规范提供的岩石力学参数及计算以经验值居多^[7-8]。

此外,岩石力学涉及的专业面广,研究生培养人数多,实验项目数量多,岩石力学实验的仪器设备价格普遍昂贵,院系购置设备的台套数量有限,且仪器设备占场面积大等问题,学生从取样、制样

到最终完成试验,难以保证每位研究生都能实际体验所有的课程项目。经过多年的调查研究,大部分研究生对理论课程缺乏思考,近九成学生对实验课的重视度不够。长期的理论课教学中,大部分学生缺少动手操作机会,传统的理论教学方法对培养学生的实验能力和创新能力有一定影响,对实验过程中存在的问题也缺少深入研究。

(三) 实验课程建设的目的和意义

岩石力学实验课注重培养研究生操作能力、实践能力、逻辑思维能力、创新设计能力及知识转化与应用五个方面的能力。一方面,学生掌握岩石力学实验的相关原理,灵活运用到具体实践中;另一方面,实验课程可为专业理论课教学环节积累经验。研究生在实验课程的学习过程中,在理解实验原理及实验方案的基础上,掌握正确的操作规程和各种仪器的使用方法,了解其性能参数、适用范围及注意事项,提高自身的综合设计能力。

作为高等岩石力学理论课程配套的实践课程,通过具体的试验操作过程,不但能加深研究生对理论课程的理解,还能锻炼动手实践能力与试验操作技能,达到培养研究生理论与实践相结合的综合素质。开展岩石力学实验课程建设,进一步完善岩石力学理论课程教学改革,发挥实验课程在高等岩石力学理论中的作用,使得研究生对理解和掌握基本概念和原理有着重要的意义,也是研究生从理论到实践的重要环节。在一定程度上深入研究高等岩石力学理论,对研究生今后深入学习和实践有着重要的作用。

二、岩石力学实验课程的教学体系和内容

岩石力学实验课程的建设主要依托土木建筑学科实验教学中心(岩土工程实验室)和岩土工程院士创新基地。按照学校研究生培养方案,构建岩石力学实验教学平台,根据学院专业特色,针对土木工程专业的学术型和专业型硕士研究生而开设的选修课程,两者的课程类别设立相同,从课程编号到教学大纲、课程内容和教学方法采取相同的方式开展相应的实验课程教学。

(一) 岩石力学实验课程教学体系

教学体系紧密结合研究生培养方案,以土木工程学科研究生课程实验教学平台建设作为支撑,同时开展部分岩石力学实验设备的自主研发工作,丰富和完善现有的科研设备,达到提升研究生公共实验课程教学质量的目的。

按研究生培养方案,岩石力学实验课程体系主要分为两大部分,一部分是岩石力学基础型实验,研究生的主要任务是掌握岩石力学试验装置的原理及基本操作技能;另一部分是岩石力学研究设计型实验,主要培养研究生的创新能力,从设计试验方案、试验操作,到后期的数据处理和结果分析,由研究生独立完成。整个岩石力学公共实验课程体系的主要对象为研究生,且该体系是以一级学科和交叉学科为基础开展实验课程的开发和建设。

教学团队在岩石力学公共实验课程建设时,构建教学体系主要从以下三方面综合考虑:(1)充分利用研究生公共实验课程教学平台资源,根据培养目标的要求,建设系列专题实验,如岩石物理性质试验;(2)学习国内外先进技术,将现有高水平的科研成果引入岩石力学实验教学,利用学科交叉平台开发建设创新性实验,如岩石三轴试验、SHPB试验,激发研究生的研究兴趣;(3)做好课程资源建设。岩石力学实验课程教学项目在建设过程中涉及的课程资源主要包括岩石力学实验教学大纲、实验课程教材、实验课程课件及实验操作视频等,通过不断丰富实验教学资源,提高研究生的学习主动性。同时,对于操作复杂、存在一定安全风险的仪器设备也逐渐发展成网络开放课程,后期

进一步开发虚拟仿真试验系统。

(二) 岩石力学实验课程教学内容

针对课程内容不同环节从基本实验、综合性设计、自主研制等方面开设实验项目。实验课程教学的前提是结合岩石类的相关规范,如《岩石试验方法标准》(GB/T 50266-99)、SL 264-2001 水利水电工程岩石试验规程等行业标准和规范,结合岩石本身具有的物理力学性质,从以下三方面讲解。

1. 岩石物理性质试验

岩石物理性质试验主要包括岩石天然含水率、吸水率及饱和吸水率试验,岩石比重试验,岩石密度试验,岩石耐崩解试验,岩石膨胀试验,岩石冻融试验六大内容,除岩石耐崩解试验过程相对复杂外,其他试验研究生均可在实验室利用教学平台自己动手完成。该部分授课内容占整个实验课程的30%。

2. 岩石力学性质试验

岩石力学性质试验主要包括岩石单轴抗压强度试验、岩石压缩变形试验、岩石抗拉强度试验(巴西法)、岩石抗剪强度试验(变角剪法)、岩石三轴压缩及变形试验、岩石弱面抗剪强度试验、岩石点载荷指数测定试验、岩石纵波速度测定试验、岩石力学伺服控制刚性试验和岩石声发射试验。以目前现有条件,除了岩石抗剪强度试验(变角剪法)缺乏相应的加载装置,其他设备基本配备到位,可以通过教学平台完成。该部分授课内容占整个实验课程的30%。

3. 岩石力学创新性试验

针对研究生创新性教学配套了岩石岩爆模拟装置、SHPB(分离式霍普金森压杆)系统,主要结合国内外最具前沿性和创造性的内容,采用最新的实验技术和方法,通过教学科研互补的模式,达到培养学生解决关键技术问题,提高实践操作和创新思维能力。该部分授课内容占整个实验课程的40%。

通过笔者的岩石力学实验课程教学实践,整个岩石力学实验课程的重点内容为岩块和岩体的地质特征,该部分内容与专业的相关性较强,如岩石的物理、水理性质,岩块强度试验,岩石变形试验等,是研究生必须掌握的部分。课程难点体现在岩石力学试验,岩石综合性、设计性力学试验,以及岩石力学试验新进展等。

三、教学方法与教学手段

基于上述教学体系和内容,课程建设项目结合土木工程专业学科特点和研究生实验教学实际情况,根据实验教学内容,探索该实验课程的教学方法和手段,并分别以岩石三轴试验和SHPB试验作为基础试验和探索研究实验,从实验特点、教学中存在的问题,对岩石力学实验教学项目建设中存在的问题展开分析。

(一) 实验项目的教学方法

1. 基础实验教学

基础实验教学项目以岩石物理力学性质实验为主,包括岩石天然含水率试验、岩石三轴压缩及变形试验等,主要以验证性实验为主,注重培养研究生的动手能力,从基本实验到综合性实验。根据岩石力学实验课程特点和岩石三轴试验设备的特点,该实验教学从以下几方面展开。

首先,岩石的力学特性分析。包括该岩石三轴试验方法的目的,通过试验能获取的有效参数。此阶段,研究生的主要任务是利用岩石力学理论,遵照规范掌握试验操作方法,能根据实验过程中

数据的变化对其展开分析;教师总结实验过程中的问题与不足,改进并制定适合该实验项目的教学方法。

其次,实验操作方面。岩石三轴试验的操作复杂,需要做好实验前的准备工作,包括岩石的加工程序。在教学过程中,需要熟悉设备,可提前录制操作视频,针对实施过程中存在的风险及难点,提前线上开展实验教学或者演示实验教学,避免操作过程中存在安全隐患,提高试验过程中研究生操作水平,同时增强学生安全意识。

最后,数据处理方面。在前两阶段基础上,此环节由学生独立完成,根据试验过程数据,分析试验规律,验证其结果是否满足条件。教师对试验结果进行分析,严格把控实验过程的各个细节,更好地为学生授业解惑。

2. 探索研究类教学

该项目首次向武汉理工大学土木工程专业学术型、专业型硕士研究生开放,主要以自主设计、综合实验为主,以演示实验为辅,以培养学生的综合创新意识和动手能力为前提,力求实现从基本实验拓展至创新性、综合性设计实验等。因SHPB系统仪器设备较为复杂,实验教学从以下三方面展开。

首先,培养研究生对岩石力学实验中SHPB系统的感性认识。其中,教师是关键,研究生为核心,让学生了解国内该SHPB试验方法的内容,包括该实验方法的目的,用于解决什么问题,前期教学方法主要是教师通过文献研究法,查阅与本实验方法相关的著作及成果,分析国内外高校在本实验中体现的实验教学方法和改革的背景与现状,吸取不同教学方法具有的优势,剖析不同院校对该实验项目教学方法存在的问题与不足,需要改进和完善的方向,制定适合土木工程专业研究生的教学方法。

其次,实验操作方面的教学。考虑到岩石力学实验SHPB系统属于大型精密设备,且操作有一定的复杂性,通过对国内兄弟院校在岩石力学实验教学开展调研,如观摩兄弟院校岩石力学实验课程SHPB冲击实验的教学现场,在借鉴经验的同时,探讨兄弟院校在岩石力学实验教学在实施过程中存在的问题,结合土木工程与建筑学院和专业学科特色,分析总结教学方法和手段,实现对SHPB系统进行线上实验教学或者演示实验教学。

最后,研究生能力提升方面的教学。在前两阶段基础上,此环节主要由学生自主完成,教师在实验操作教学中,记录不同SHPB冲击实验过程中研究生的操作能力、试验结果的分析情况。利用故障树分析等方法,总结不同SHPB冲击实验效果、不同层次学生在教学过程中的薄弱环节及存在的问题,采用启发式、开放式等方法提高学生做实验的积极性。

(二) 岩石力学实验课程考核方法

岩石力学实验课程考核主要包括两方面,一是学校或学院对教师教学水平的考核;二是教师对研究生成绩的考核。

1. 教师教学水平的考核

岩石力学实验项目多,以学院作为本实验课程教学管理主体,院教学督导每学期开展3~5次随机抽堂听课,主要从教师的教学备课内容,教学计划制定、教学方法、仪器操作使用,以及研究生评价等方面综合考核,形成具有学院特色的实验教学成绩评定标准和运行机制,提升实验教学和管理水平。

2. 研究生实验成绩考核方法

结合实验课程的特点,从研究生做实验的作风、安全知识、操作规范性、数据处理能力、报告规

范性等方面,立足于实验教学质量评定,建立多层次、多角度的实验教学质量评定体系,健全成绩评定标准。

采用撰写试验报告的形式对学生进行考核。试验过程表现和考勤作为平时成绩评估内容,其中,平时成绩40%(实验知识占20%,考勤占20%),设计和操作技能40%,实验报告20%。主要考查学生对理论知识掌握程度、操作动手能力、数据分析处理能力,以及实验报告撰写能力等。

四、教学质量保证体系

岩石力学实验课程首次向武汉理工大学土木工程专业硕士研究生开设,该实验课程围绕土木工程学科研究生实验教学平台建设,为提高岩石力学实验课程教学质量,建立了完善的教学质量保证体系,主要包括以下几方面。

一是,配备优秀的实验教学团队。课程团队成员长期在教学科研管理第一线,积极从事实验教学研究的研究与改革。近年来,课程团队承担多项教研课题,其中,2016年获校级教学成果特等奖1项,2018年获湖北省教学成果一等奖;指导多名学生获省级优秀硕、博士学位论文;发表教研论文10余篇。主持或参与多项科研课题,多次获湖北省科学技术进步奖和自然科学奖。团队在课程建设、教学改革和科研工作中积累的经验和取得的成绩,为研究生实验课程的建设奠定了良好的工作基础。

二是,积极开展实验教学改革研究。团队经常就实验教学过程中存在的问题开展研究,利用多年的教学经验,不断创新和改革,提高教学能力。在实验教学建设和改革研究中积累的经验和取得的成就,为适应实验课程教学质量评定方法和改革奠定了基础。在专业研究领域已积累了较丰富的经验并具有足够的知识储备,其教学效果也多次获学校及院系的表彰。

三是,建立了教学监督管理和实验教学管理制度。学校研究生院和学院研工办双重教学督查,督导组对实验教师采取听课制度,同时定期抽查实验仪器,确保教师教学质量,保障设备的完好性。此外,还建立了良好的实验教学管理制度,一方面,学院实验教学质量评定不断实现标准化,工作效率显著提高;另一方面,持续推动高校实验教学质量评定的改革与创新。

五、岩石力学实验课程教学建设模式的思考

(1)教学方法和教学体系。随着岩石力学实验教学方法的不断完善和实验设备的更新换代,后期将更加重视现代教育的应用,采用信息化、网络化的教学手段,逐渐开发虚拟仿真实验项目、交互式体验线上教学平台,实现多元化实验教学模式,在提高实验教学质量的同时,进一步培养学生的综合素质和创新能力。针对实验教学环节中存在的问题,寻求解决方案,完善课程的培养模式,根据不同类型研究生的培养目标形成具有针对性的实验教学内容,探索具有学院特色的实验教学体系运行模式,完善实验教学大纲,构建该课程建设成熟的教学质量保证体系。

(2)教学内容组织和资源建设。通过深化改革和创新课程项目,实现理论与实践的深度融合。明确该课程项目建设过程的重点和难点,针对研究生在理论课程学习环节中的困难,以自主设计、综合实验为主。罗列可行的、针对性的实验内容克服重点与难点方案供研究生思考,激发其研究兴趣。进一步加强开发各种实验教学资源,修改岩石力学实验课程教学大纲,制作复杂岩石力学实验项目的教学录像,形成高水平的课程指导性教材,基于现有实验设备存在缺陷进一步完善设计方法,升级和研制设备,改善研究生实验教学条件。达到满足研究生主动学习和使用的需求,进一步

开展实验室建设,提高教学质量。

(3)教学研究思想和教育理念。鼓励教学团队积极申报岩石力学实验课程方面的教研课题,开展研究生实验教学研究,提高岩石力学实验课程建设的教学与管理水平。不断寻找课程教学中的问题,端正研究生的学习态度,持续完善实验教学内容,改进实验教学方法,优化实验教学方案,提高实验教学的质量,加强实验教学管理队伍建设,提高其积极性。

参考文献:

- [1] 韩森,吴姜,刘萍,等. 工程教育背景下“岩石力学实验”教学改进[J]. 教育教学论坛,2021(32):112-115.
- [2] 周宏敏,熊文,陈伟. 面向研究生实验教学和科研支撑的公共实验中心建设探索[J]. 实验室研究与探索,2018,37(4):275-277,303.
- [3] 黄正均,张磊,李长洪,等. 开放共享型岩石力学实验教学平台建设[J]. 实验技术与管理,2018,35(9):109-112.
- [4] 黄素梅,刘燕刚,殷明,等. 开放式公共实验平台建设与管理的探讨[J]. 实验室研究与探索,2007,26(12):149-150,166.
- [5] 马建兴,马强. 岩石力学实验课的教学改革研究[J]. 实验室科学,2011,14(2):32-34.
- [6] 李耀庄,王晓光,余志武. 土木工程实验教学示范中心建设[J]. 实验室研究与探索,2014,33(7):148-151.
- [7] 吴姜. 岩石力学实验教学改革探讨[J]. 长春教育学院学报,2012,28(8):102-103.
- [8] 陈强,王志亮. 分离式霍普金森压杆在岩石力学实验中的应用[J]. 实验室研究与探索,2012,31(11):146-149.

Construction and thinking of teaching project of rock mechanics public experiment course

WANG Zhide¹, JIANG Limin², HU Jing¹, XIA Yuanyou¹, XIE Quanmin¹

(1. School of Civil Engineering and Architecture, Wuhan University of Technology, Wuhan 430070, P. R. China;

2. School of Architecture Engineering, Wuhan Polytechnic, Wuhan 430074, P. R. China)

Abstract: The rock mechanics experiment course is a practical course set up to supplement the rock mechanics theory. Combining with the postgraduate training plan of civil engineering major of Wuhan University of Technology, taking the teaching project of rock mechanics public experimental course as an example, starting from the background and purpose of the course, the teaching system of the experimental course, the construction process of the course content, and the teaching method are expounded, and a teaching quality assurance system is built. It summarizes and thinks about the teaching construction mode of the experimental course, and puts forward several points that need to be improved in the later construction of the course teaching. Results show that the implementation plan of the experimental course construction is feasible, the construction results can be better applied to the specific practice of postgraduate courses, and improve the education quality of postgraduates majoring in geotechnical engineering, and to some extent promote the discipline construction and development.

Key words: rock mechanics; experimental teaching; curriculum construction; curriculum system; postgraduate training

(责任编辑 邓云)