

doi:10.13582/j.cnki.1674-5884.2016.03.020

面向采矿工程专业的岩石力学试验教学改革

赵延林^{1,2}, 万文^{1,2}, 唐劲舟¹

(1. 湖南科技大学 能源与安全工程学院, 湖南 湘潭 411201; 2. 煤矿安全开采技术湖南省重点实验室, 湖南 湘潭 411201)

摘要:传统岩石力学试验教学环节存在诸多弊端,如全是单一的验证性试验,没有引入计算机模拟技术,没有考虑学生的差异性等等。通过对岩石力学试验项目进行优化组合,引入差异性教学法,实现面向采矿工程专业的岩石力学试验教学改革。将岩石力学试验教学分为三个模块:模块1为岩石力学参数试验,包括单轴抗压强度试验、巴西劈裂试验、剪切强度试验、点载荷试验4个试验;模块2为创新试验,包括单轴压缩条件下多裂隙试件的变形破坏试验和锯齿状粗糙结构面的剪切试验;模块3为岩石力学的数值模拟演示,主要演示圆盘形试件的巴西劈裂法。积极引导学生完成基本试验(模块1),支持学有余力的学生开展创新性试验(模块2),通过模块3来提高学生的岩石力学分析能力。

关键词:采矿工程;岩石力学;试验教学;创新试验

中图分类号:G642.0 **文献标志码:**A **文章编号:**1674-5884(2016)03-0061-03

岩石力学是研究岩石力学性能的理论 and 应用的科学,是为采矿工程、地质工程以及水文工程等专业开设的专业课。通过本课程的学习使采矿工程本科生掌握有关岩石、岩体的基本力学性质,能应用岩石、结构面等强度理论对岩体稳定性进行评价。了解岩体的力学特性,岩体的初始应力状态及其规律,在此基础上熟练掌握岩体力学在采矿工程、地下硐室工程中的应用,培养专业技能扎实与综合素质过硬的创新型人才。随着现代采矿工程规模和开采强度的不断增大,在巷道建设、资源开采过程中面临的岩石力学问题是相当复杂的,如何利用岩石力学的知识分析采矿工程面临的技术难点,从力学层面获取合理的开采方案、巷道布置方位是目前矿山岩石力学服务于采矿工程的重要途径。现代岩石力学的新理论、新方法、新技术层出不穷,如何在有限的学时里,既重视学生的智能培养,又开拓学生的知识面,使学生在未来的工作中发挥更大的潜力,这就需要对采矿工程专业的岩石力学教学内容和实践环节进行整体优化。岩石力学是一门理论性与实践性都很强的学科,常以试验为依据,岩石力学的试验教学使学生更好地了解岩石(体)的强度和变形特性,激发学生的学习兴趣。本文旨在探讨面向采矿工程专业的岩石力学试验教学改革,对岩石力学试验项目进行优化组合,引入差异性教学法,构建面向采矿工程专业的岩石力学试验教学的三个模块。

1 传统的岩石力学试验教学

在教学内容上,目前采矿工程专业的岩石力学试验教学环节包括5个试验:单轴抗压强度试验、巴西劈裂试验、剪切强度试验、点载荷和刚性试验机演示。前4个试验是岩石力学经典试验,旨在获得岩石的抗压、抗拉、抗剪强度,属于验证性试验,其试验结论都是大家所熟知的;刚性试验机演示试验是教师在岩石刚性试验机上操作演示,以获得岩石的全应力—应变曲线。这5个岩石力学试验不但进一步增强了学生理解岩石的破坏方式、强度特性和岩石的拉压比等重要的知识点,而且使学生学会了试验数据的回归拟合方法。如不少学生对如何获取岩石抗剪强度两个参数的问题百思不得其解,因为教材没有集中讨论如何通过岩石力学试验获取岩石抗剪强度参数^[1-2]。在岩石力学试验教学环节的单轴抗压强度试验、巴西劈裂试验,可得到两个Mohr应力圆,用数学方法做出两个Mohr应力圆的公切线,即为岩

石的强度线,其强度线与纵坐标的截距为岩石内聚力 c ,强度线与 σ 轴的夹角为岩石内摩擦角 φ 。通过试验教学,大学生直观地掌握了岩石力学中最重要的两个参数。通过剪切强度试验,获得不同法向应力下的岩石的剪切强度,对其试验数据进行最小二乘法拟合从而得到岩石抗剪强度参数。这些试验都是经典的基础岩石力学试验,但是试验内容比较单调,试验方法过于简单,教科书详细介绍了其试验现象和结论,是验证性试验,很难发挥学生的主观能动性和培养学生的创新能力。

在教学方法上,传统的岩石力学试验教学大多采用先集中讲授岩石力学试验程序、数据处理和模型回归方法,在岩石力学试验室,教师首先演示试验操作过程,然后学生分小组进行岩石力学试验。这种教学方法目的明确,而且条理清楚,学生便于接受。但这种方法往往导致教师讲得多、学生做得少,进行岩石力学试验时,学生按教师讲授的试验步骤亦步亦趋地进行,观察到的岩石破裂过程、强度特性与教材表达具有一致性,学生无法直观地理解岩石和岩体力学特性的复杂性,也很难培养他们的试验创新能力。

另外,目前大部分矿业高校先进的岩石力学试验设备只对研究生开放,如岩石力学试验系统 MTS815 和岩石剪切流变仪 RYL-600,本科生的岩石力学试验教学使用的设备陈旧,其精确度和可操作性都远远落后于先进的岩石力学试验系统。这一方面是保护先进的岩石力学设备不受损害,但另一方面无法让本科生领会到岩石力学试验的博大与精深,从而无法更大程度上激发大学生学习岩石力学的热情。

2 岩石力学试验教学的改革

传统岩石力学试验教学环节存在诸多弊端,如全是单一的验证性试验,没有引入计算机模拟技术,没有考虑学生的差异性等等。笔者对采矿工程专业的岩石力学试验教学环节进行了精细调整,并在近几届本科生中实施,调整后的岩石力学试验教学环节很受欢迎。面向采矿工程专业的岩石力学试验教学改革方案如下:岩石力学试验教学分为3个模块。模块1为岩石力学参数试验(验证性试验),教学课时为4学时,包括单轴抗压强度试验、巴西劈裂试验、剪切强度试验、点载荷试验;模块2为创新试验,教学课时为2学时,创新试验期间,岩石试验室对学生实行开放,鼓励有余力的同学分组设计试验;模块3为岩石力学的数值模拟演示,教学课时为2学时。改革后的岩石力学试验环节,把引导学生学会科学的思维方法放在首位,试验教学安排上注意保持了试验的科学性、先进性和基础性,同时也注意培养学生的创新精神。

2.1 创新试验模块

根据本科生的差异性进行分类教学,所有本科生都应进行岩石力学试验教学模块1;对于学有余力的本科生,引入创新性试验模块2,引导学生探索一些非验证性试验,包括试验方案的设计、试件的制备、先进岩石力学试验机的操作、试验数据处理和模型回归等方面的教学。近几年笔者结合湖南科技大学现有的岩石力学试验设备,主要增设了两个创新性试验,并且取得了良好的教学效果^[3-4]。

2.1.1 单轴压缩条件下多裂隙试件的变形破坏试验

岩石与岩体是岩石力学教学过程中极为重要的两个基本概念,《岩石力学》教材对岩石与岩体的变形和破坏特性进行了一些定性的描述,如岩体强度远远低于岩石强度,岩体变形远远大于岩石本身,岩体的渗透性远远大于岩石的渗透性。为了使本科生直观、生动地掌握岩石与岩体的变形和破坏特性的不同,在创新试验模块2中首先引入了单轴压缩条件下多裂隙试件的变形破坏试验。在试验前一个月内,引导学生将水泥、沙和水按照一定的配比混合,将其配料倒入钢模内,并通过预埋薄铁片,待试样初凝后取出预埋铁片的方法获得多裂隙岩石类试件。在岩石剪切流变仪 RYL-600 上进行单轴压缩条件下多裂隙试件和完整试件的力学试验。通过这个创新试验,学生发现多裂隙试件和完整试件变形、破坏特性完全不同。多裂隙试件可视为岩体,完整试件可视为岩石,试验发现前者的强度远低于后者,前者的变形大于



图1 单轴压缩条件下多裂隙试件的变形破坏试验图

后者。学生通过创新试验获得了一系列定量的试验数据,通过对试验数据处理和模型回归方法,可以得到诸多定量的结论,而这些结论从教科书上无法获取。图1为创新试验1—单轴压缩条件下多裂隙试件的变形破坏试验图,这个创新试验揭示了岩石与岩体的变形破坏的差异性。学生从这个试验中不仅深刻领会了岩石与岩体的力学特性的不同,更重要的是学会了如何通过设计试验来探索一些深奥的岩石力学问题。

2.1.2 锯齿状粗糙结构面的剪切试验

结构面抗剪强度与很多因素有关,如法向应力、结构面粗糙程度等,为了使学生更好地了解结构面粗糙程度对抗剪强度的影响,引入了锯齿状粗糙结构面的剪切试验。通过该试验,学生将发现光滑结构面和粗糙结构面的变形和强度存在很大差别。该创新试验旨在使学生掌握岩石结构面的粗糙程度对抗剪强度的控制作用,理解不同性质结构面摩擦特性的差异性。图2为创新试验2—锯齿状粗糙结构面剪切试验图。



图2 锯齿状粗糙结构面剪切试验

上述两个创新试验能帮助学生更好地理解岩体与岩石强度和变形特性的差异性、结构面粗糙度对抗剪强度的影响这两个重要的知识点,很好地培养学生的创新能力和动手能力,以及灵活运用所学知识、理论联系实际的能力,真正做到学以致用。

2.2 数值模拟演示

随着现代计算机技术的不断发展,相关数值计算软件的不成熟,利用数值软件对岩石的变形与破坏过程进行数值试验已成为科学研究和工程应用中非常重要的方法。与传统岩石力学试验相比,具有针对性强、灵活方便、可重复性等特点,通过数值模拟可以将岩石力学试验中不易观测的现象、应力变化情况直观地演示出来,让学生更好地理解岩石的变形、破坏等情况^[5]。在岩石力学试验教学的模块3中,主要以巴西劈裂法为例作为数值模拟的演示。模块1的巴西劈裂试验发现在加载过程中裂隙从圆盘形试件的中央产生,该裂隙被认为是受拉裂隙。对于在圆盘形试件上施加压应力为何在试件的中央会产生拉裂隙的问题,许多学生不得其解。为了回避高深的弹性力学推导,大部分《岩石力学》教材对拉裂隙的产生原因没有详细说明,只是简单给出了抗拉强度的计算公式。在岩石力学试验教学环节中引入巴西劈裂法作为数值模拟演示。通过数值模拟演示,学生可以清楚地领会到拉应力沿试件的中心线均匀分布,在加载点附近表现为局部压应力,数值模拟演示直观地阐述了圆盘形试件巴西劈裂的受力机理。

3 结语

笔者对采矿工程专业的岩石力学试验教学环节进行了精细调整,考虑到学生的差异性,将岩石力学试验教学分为三个模块:模块1为岩石力学参数试验包括单轴抗压强度试验、巴西劈裂试验、剪切强度试验、点载荷试验4个试验;模块2为创新试验,包括单轴压缩条件下多裂隙试件的变形破坏试验和锯齿状粗糙结构面的剪切试验;模块3为岩石力学的数值模拟演示,主要演示圆盘形试件的巴西劈裂法。

参考文献:

[1] 蔡美峰,何满朝,刘东燕. 岩石力学与工程[M]. 北京:科学出版社,2006.
[2] 赵文,曹平,章光. 岩石力学[M]. 长沙:中南大学出版社,2010.
[3] 吴姜. 岩石力学试验教学改革探讨[J]. 长春教育学院学报,2012,28(8):102-103.
[4] 赵延林,王敏. 创新试验对岩石力学教学的促进作用[J]. 当代教育理论与实践,2014,6(1):146-148.
[5] 王述红,唐春安,朱万成,等. 数值试验在岩石力学试验教学中的应用[J]. 试验技术与管理,2003,20(6):140-143.

(责任校对 龙四清)