

doi:10.11835/j.issn.1005-2909.2016.05.017

面向“卓越计划”的岩石力学课程教学改革探讨

蔚立元^a,张强^a,杨圣奇^b

(中国矿业大学 a. 力学与建筑工程学院; b. 深部岩土力学与地下工程国家重点实验室, 江苏 徐州 221116)

摘要:“卓越计划”是促进中国由工程教育大国迈向工程教育强国的重大举措。岩石力学作为典型的跨行业通用课程是一门应用性和实践性很强的应用基础学科,在目前的教学中存在轻视基础概念、标准混乱陈旧、忽视工程能力培养的问题,难以达到“卓越计划”的培养要求。从土木工程专业教学实践出发,提出了教学内容模块化,合理选择培养标准;强化基本概念理解,培养创新能力;深入工程现场,提升工程能力的教学改革方案,收到了良好的教学效果。

关键词:卓越计划;岩石力学;教学改革;矿山建设

中图分类号:G642 **文献标志码:**A **文章编号:**1005-2909(2016)05-0075-04

“卓越工程师教育培养计划”(简称“卓越计划”)是贯彻落实《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020年)》和《国家中长期人才发展规划纲要(2010—2020年)》的重大改革项目,也是促进中国由工程教育大国迈向工程教育强国的重大举措,科学时报^[1]将“卓越计划”启动列为2010年中国高等教育十件大事之一。该计划旨在培养造就一大批创新能力强、适应经济社会发展需要的高质量各类型工程技术人才。“卓越计划”具有三大培养特点:一是行业企业深度参与培养过程;二是学校按通用标准和行业标准培养工程人才;三是强化培养学生的工程能力和创新能力。

针对“卓越计划”的总体要求,面向卓越工程师的培养,许多从事工程教育的专家进行了深入探讨。林健^[2]从课程体系的价值取向、课程体系的结构形式、课程体系的整合与重组等方面为“卓越计划”参与高校专业课程体系和教学内容改革提供了借鉴和参考。张文生等^[3]围绕“回归工程”教育理念,论述了本科“卓越计划”的四个主要问题:制定专门性培养方案、改革培养模式、培养青年教师工程教育能力、建立健全保障体系,以期培养更多优秀的工程技术人才。王家臣等^[4]根据卓越工程师的要求,从战略角度对科学培养采矿人才进行了深入思考。

一、岩石力学课程的特点

岩石力学是一门应用性和实践性很强的应用基础学科,是采矿工程、水利

收稿日期:2016-03-21

基金项目:中国矿业大学青年教师教学改革资助计划项目(2014QN06,2013Y05)

作者简介:蔚立元(1982-),男,中国矿业大学力学与建筑工程学院副教授,博士,主要从事岩土力学岩土工程研究,(E-mail)yuliyuan@cumt.edu.cn。

水电工程、交通/铁道工程、工民建工程和石油工程等众多学科的专业基础课,属于典型的跨学科、跨行业的通用课程。虽然中国推行了跨行业的统一标准,如GB/T 50266—2013《工程岩体试验方法标准》、GB/T 50218—2014《工程岩体分级标准》等,但是由于借鉴前苏联的高等教育体制,目前还存在许多行业背景鲜明的规范在广泛应用,如GB/T 16414—2008《煤矿科学技术语岩石力学》、DL/T 5368—2007《水电水利工程岩石试验规程》和JTG E 41—2005《公路工程岩石试验规程》等。

为了提高教学质量,不同行业内的岩石力学课程教师从行业特色角度对课程教学改革进行了有益的尝试,比如采矿工程^[5]、石油工程^[6]、地下建筑工程^[7]和海洋工程^[8]等,都取得了很好的成效。此外,还有学者从模块化教学^[9]、案例教学^[10]、研究型教学^[11]以及数值方法辅助教学^[12]等方面进行了岩石力学课程的教学改革实践。遗憾的是,对岩石力学这门跨行业、特点鲜明的应用基础学科,目前还未见针对“卓越计划”培养特点的教学改革研究成果。

作为“卓越计划”试点高校的中国矿业大学经过长期发展和建设已形成了以工科为主、矿业为特色、多学科协调发展的基本格局,对中国煤炭能源行业发展发挥着不可替代的引领和支撑作用。岩石力学是学校土木工程、采矿工程及地质工程等专业本科生专业基础课程,为后续如矿山建设工程、采矿学及矿山压力与岩层控制等煤炭行业背景鲜明的专业课程提供岩石力学基础知识,地位尤其显著。

在上述背景下,如何在有限的教学时间内按通用标准和煤矿行业标准培养工程人才,强化学生的工程能力和创新能力已成为摆在教育工作者面前的一道难题。笔者结合自己的教学实践,初步探讨面向“卓越计划”的岩石力学教学改革思路,期望能够抛砖引玉,对其他涉及岩石力学的行业类院校起到启迪作用。

二、岩石力学课程教学中存在的问题

(一)课程安排顺序及学时不合理

广义上讲,岩石力学应是力学与地质学相结合的交叉学科,更侧重于固体力学与岩石地质学的结合,具体地说,岩石力学是在弹性力学、土力学及工程地质学的基础上发展起来的。岩石力学的很多概念、理论和公式由土力学和工程地质学借鉴而来,但是目前高校经常将土力学、工程地质学与岩石力学同时开课,给教师讲授课带来诸多不便。

为了研究工程环境下岩体的力学性态,岩石力学需要涉及诸如材料力学、弹塑性力学、断裂损伤力学、裂隙渗流力学及流变力学等复杂深奥的力学内容;岩石力学的研究对象是地球千百万年来复杂地质作用而形成的各类岩体,岩石学、工程地质学、水

文地质学、地球物理学和构造地质学等地学学科的内容在教材中不断出现;岩体工程涉及地基工程、边坡工程和地下工程等具体工程形式,各种新施工技术和方法层出不穷。由此可见,岩石力学课程的内容丰富而繁杂,然而随着通识教育课程的增加,各专业课程课时被大幅削减,岩石力学课时由80学时精简为如今的32学时,“满堂灌”现象成为普遍,学生对该课程内容的掌握和应用难度较大,学习积极性难以调动。

(二)基本概念模糊,难以培养创新性思维

基本知识的深刻理解,是创新思维形成的力量之源。一些教师在课堂教学中对基本概念强调不够,分析不透,着重于公式推导、施工工艺或科研项目介绍等细枝末节的讲解,本末倒置,背离了岩石力学课程设置的初衷。重点概念比如地应力、流变、强度理论、应变软化现象、剪胀、尺度效应、围岩支护工作作用原理等内容应该重点分析。此外,由于岩石力学部分内容与材料力学、土力学内容相近(如强度理论、剪胀、三轴试验、二次应力和附加应力等),如果不进行相关内容的分析对比,学生容易产生疲倦心理,导致思想上的不重视。

(三)标准选择混乱陈旧

如前所述,由于岩石力学是多个专业的专业基础课,每个工程领域都有各自的行业术语、标准、规范和教材。但是如果教师在岩石力学基础知识和工程应用方面的讲解都遵照本行业的规范和术语,将会造成学生知识面过窄,不利于国家通用标准的推广和学生就业;若完全脱离行业工程背景,则教学过程难免出现学非所用、理论脱离实际。如何达到“按通用标准和行业标准培养工程人才”的目标值得思考。随着工程技术的发展,很多新理论、新技术和新方法蓬勃发展,国家相关部门也会适时推出新的标准和规范,比如深部资源开采带来的“三高一扰动”、软岩大变形和冲击地压灾害频发等问题。但是由于教材的更新速度较慢,如果授课教师不能及时跟踪行业发展动态,将会导致课程知识体系陈旧无用。

(四)忽视工程能力的培养

实践是工程教育培养的关键环节,岩石力学是一门应用性很强的工程学科,然而受授课时间、资金、场地和工程条件等因素制约,目前的教学方式主要以书本知识传授为主,强调科学基础,试图传授更多的理论知识,理论与工程实践脱节严重,忽略了工程的系统性及其实践特征。“重理论、轻实践,重课堂、轻课外”的教学模式导致学生动手能力差、工程能力弱化,对于岩石力学课程中诸如地应力测量方法、监控量测、松动圈测试、超前地质预报和地下工程支护技术等工程现场的常规问题无法直观体验,不适应企业要求。这种现状不符合岩石力学服务于

工程的课程特点,难以激发学生学习的积极性和创造性。

三、面向“卓越计划”的教学改革思路及实施路线

学校土木工程专业分为矿山建设工程、城市地下工程、工建工程和交通土建工程四个方向,所有方向都开设岩石力学课程。依据专业实际情况,以矿山建设工程方向为重点,具体就面向“卓越计划”的岩石力学课程教学改革思路及实施路线进行深入探讨。

(一) 教学内容模块化,合理选择培养标准

为了达到“学校按通用标准和行业标准培养工程人才”的要求,在教学内容安排上不能“一刀切”。首先将教学内容模块化,根据不同培养方向调整培养方案。

(1)“前置基础”模块 4 学时,包括岩石力学课程中涉及的材料力学、弹性力学、工程地质学和土力学等前置学科的基础知识,根据各方向前置课程的授课内容确定合理的知识点。比如,弹性力学课程不在工建方向的培养计划之内,对该方向应该加大弹性力学的权重。

(2)“岩石力学基础知识”模块 20 学时,包括“岩石组构及其物理性质”“岩块变形与强度”“弱面变形和强度”“岩体变形和强度”以及“原岩应力”等 5 部分,是各专业方向按共同标准和要求学习的内容。模块内容中岩块室内物理性质(如含水率、耐崩解性等)、强度和变形试验、岩体原位变形、强度和声波速度试验以及原岩应力测试等内容,应严格按照通用的国家标准 GB/T 50266—2013《工程岩体试验方法标准》来讲授。

(3)“工程应用”模块 8 学时,根据专业方向的不同,选择各方向重要的工程应用及案例进行讲解。岩体分级是各方向都应该着重讲授的内容,应该以通用标准 GB/T 50218—2014《工程岩体分级标准》为主,并辅以各方向的分级标准。如矿山建设工程方向的普氏分级标准、交通土建工程方向的 JTG D70—2004《公路隧道设计规范》和 Q 分类等。对于具体工程形式而言,矿山建设工程方向和城市地下工程方向以岩体地下工程为主,工建工程方向以岩石基础工程为主,而交通土建工程方向则以边坡工程和地下工程并重。各方向还应对工程实践中常见的灾害机理作介绍,比如深部矿山工程中的软岩大变形、煤与瓦斯突出、冲击地压和底板透水等。

(二) 强化基本概念理解,培养创新能力

概念和原理是创新的基础,只有掌握概念、清晰原理,才能举一反三而后应用自如。因此,在授课过程中,教师应多措并举,把基本概念讲清楚,讲透彻,让学生深入理解。

(1)刚性试验机是 20 世纪 70 年代岩石力学的重要进展,对其机理进行严谨的理论推导,对于初次接触的学生难以激发学习兴趣。为了解释柔性结构比刚性结构易于储存变形能的特点,笔者以弹簧和圆钢柱的压缩为例,让学生很快就明白柔性试验机压缩蓄能的快速释放是使脆性岩样产生爆裂的根本原因。

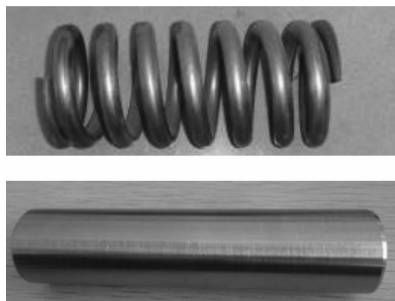


图 1 柔性结构与刚性结构示例

(2)室内岩样力学试验是课程的重要内容,书面讲解试验步骤较为枯燥,效率低下,但若先上试验课,一缺乏必要的准备知识,二受试验条件所限,难以让每个学生都参与其中,必然导致教学效果较差。由于视觉化的知识能够在短时间内留下深刻的印象,因此,可采用拍摄试验全过程的方法,包括声波速度测试、单轴压缩试验、单轴抗压强度试验、直接剪切试验、角模压剪试验、巴西劈裂试验和点荷载试验等,在每个试验讲解前播放视频,然后书面讲解试验机理和数据处理程序,最后通过试验课直观体验,巩固教学效果。

(3)原岩应力是地下工程围岩变形、破坏的根本源动力,在岩体工程具有举足轻重的地位,并由此带来“先加载,后开挖”、次生应力、开挖扰动和围岩等一系列岩体工程特有的概念。对于从理论力学、材料力学、弹性力学和结构力学一路学过来的学生而言,理解这些概念并非易事。笔者选择理想试验的方式来形象化该概念,具体来讲,就是将地层简化为弹簧-质点系统。该系统在重力作用下平衡后,弹簧发生压缩变形,系统内存在“原岩应力”,此时“开挖”去除一部分质点,必然带来“应力重分布”和“开挖扰动”。

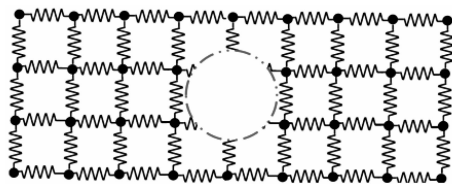


图 2 地下工程开挖的理想概化模型

(三) 深入工程现场,提升工程能力

为达到“行业企业深度参与培养过程,强化培养工程能力”的培养目标,学校土木工程专业矿山建设工程方向实行“卓越计划”培养方案,学生企业实训

学时达到36周,有充足的时间在煤矿现场进行实践学习。在学院层面与永煤集团车集煤矿、城郊煤矿签订了本科生合作培养协议,建立了现场实践教学基地。

在这种良好的前提下,可在课堂教学(32学时)之外,将部分课堂教学内容与学院在煤矿现场的科研项目有机结合,相互配合,是一种高效集约的授课模式,既可以加深学生对理论知识的认识,又能提高学生的动手能力。如课堂内的“岩体声波速度测试”与现场巷道松动圈测试,“原岩应力测试”与现场常用的空心包体法测试,“古典地压理论”与支护结构地压实测方法等。在教学过程中应该在确保安全的前提下,采用小班精细化教学模式以适应现场的恶劣条件。

聘请富有工程经验的工程师与授课教师进行交流合作。选择科学的授课方法、制定合理的授课内容是一种有效的培养方式,既可以使学生尽快适应企业要求,又能对青年教师起到帮助作用。比如:参观软岩大变形实例,加深学生对岩石流变的认识;观摩支护施工流程,掌握新奥法施工的原则;通过“沿空留/掘巷”“应力转移维护巷道”等工程措施的学习,深刻理解开挖引起原岩应力重分布机理在现场的应用。

四、结语

工程教育必须“回归工程”,在“卓越计划”下的岩石力学课程教学改革,要以培养学生的工程实践能力和创新能力为目标,注重行业背景,优化教学内容,丰富教学手段,重视基础概念与机理,深入工程现场,加强实践环节,激发学生兴趣,切实提高教学质量,培养行业需要的优秀工程人才。

参考文献:

- [1] 陆琦,孙琛辉. 2010 中国高等教育十件大事[N]. 科学时报,2010-12-7(B1 大学周刊).
- [2] 林健. 面向“卓越工程师”培养的课程体系和教学内容改革[J]. 高等工程教育研究,2011(5):1-9.
- [3] 张文生,宋克茹.“回归工程”教育理念下实施“卓越工程师教育培养计划”的思考[J]. 西北工业大学学报:社会科学版,2011,31(1):77-79.
- [4] 王家臣,钱鸣高. 卓越工程师人才培养的战略思考—科学采矿人才培养[J]. 煤炭高等教育,2011,29(5):1-4.
- [5] 徐营,万志军,柏建彪,等. “矿山岩体力学”课程的教学改革研究[J]. 煤炭高等教育,2013,31(3):122-125.
- [6] 李玮,刘永建,殷代印,等. 石油工程中“岩石力学”课程的教学改革研究[J]. 科学促进发展,2010(S1):179.
- [7] 左昌群,孙金山,罗学东. 面向土木工程专业地下建筑方向的《岩石力学》课程教学改革[J]. 教育教学论坛,2013,35:49-50.
- [8] 张广清. 海洋工程《岩石力学》的研讨式教学[J]. 教育教学论坛,2014(13):83-84.
- [9] 王渭明.《岩石力学》教学改革与回顾[J]. 教育教学论坛,2011(14):221-222.
- [10] 王迎超,耿凡,张成林. 岩石力学课程的现状与案例教改思路探讨[J]. 高等建筑教育,2013,22(6):51-55.
- [11] 唐海. 研究型教学在岩石力学课程教学中的应用[J]. 当代教育论坛:综合版,2010(3):99-100.
- [12] 李连崇,梁正召,马天辉,等. 高性能计算技术在岩石力学课程教学中的应用[J]. 高等建筑教育,2010,19(1):126-130.

Excellence engineers training-oriented teaching reform of rock mechanics curriculum

YU Liyuan^a, ZHANG Qiang^a, YANG Shengqi^b

(a. School of Mechanics and Civil Engineering; b. State Key Laboratory for Geomechanics & Deep Underground Engineering, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221116, P. R. China)

Abstract: “Program for Educating and Training Excellence Engineers” is a critical reform measures for engineering education in China. As an applied and practical discipline, rock mechanics is a typical cross-industry course. At present, there exist such problems as despising basic concepts, chaos standards, slighting engineering capability in teaching process of rock mechanics. A teaching reform scheme is put forward based on teaching practice of civil engineering, including specific measures such as modularizing teaching contents, thinking highly of basic concepts, cooperating with coal mines and so on. These teaching innovations achieve a good effect, so they are of guiding significance for other similar major courses in civil engineering.

Keywords: excellence program; rock mechanics; teaching reform; mine construction

(编辑 梁远华)