

# 工程数值法教学改革研究

## ——以“地质工程数值法”为例

黄雨<sup>a,b</sup>, 刘铖玮<sup>a</sup>

(同济大学 a. 土木工程学院 地下建筑与工程系; b. 岩土及地下工程教育部重点实验室, 上海 200092)

**摘要:**以“地质工程数值法”教学为例,针对工程数值方法的课程特点和目前教学中存在的典型问题,分析了教学改革的必要性,提出了教学改革的教学思想与教学理念,探讨了教学改革的实施方案,包括教学内容改革、学生能力培养和具体教学方法设计。最后分析了教学改革的成果,指出了其优点和注意事项。

**关键词:**工程地质;数值方法;教学改革;课程建设

**中图分类号:**G642.0      **文献标志码:**A      **文章编号:**1005-2909(2013)04-0081-04

随着人类社会的进步和科学技术水平的提高,经济活动的规模也在扩大,工程建设逐渐向“高、深、大、难”发展,从而使工程地质学所面临的问题更加复杂和困难,这就迫切要求把计算机科学更广泛地引入到工程地质学领域<sup>[1]</sup>。工程地质数值法以工程地质分析为主导,以数学、力学理论为基础,以计算机技术为手段,增强了人们解决工程地质问题的能力<sup>[2]</sup>。但其传统的教学模式及授课内容已面临社会发展的严峻挑战,笔者结合近年来实际工程中与工程地质学有关的问题及多年在地质工程数值法中的教学经验,以“地质工程数值法”的教学改革为例,分析目前高校工程数值法教学中存在的问题并提出改革方案与思路。

### 一、工程数值法教学中存在的问题及改革的重要性

#### (一)课程的学科特点

##### 1. 与多学科相互交叉,综合性强,但教学时数相对较少

与工程数值法交叉的学科相当广泛,如地质工程数值法与地质学、数学、力学、物理、计算机科学等多门学科相关。学生在学习课程之前必须掌握微积分、常微分方程、弹性力学等基础课程,工程地质数值法还与工程地质密切相关,所以学生还需要掌握构造地质、土力学、岩体力学、地下水动力学、材料力学、结构力学等专业基础课程,否则学生将很难深刻理解课程的教学内容。此外,该课程包含多种数值模拟方法,且有较多抽象的数学概念与力学理论,但教学课时却不多,有些算法和概念不可能细致地讲解,学生相应基础知识如果不扎实,听课效果就会较差。

##### 2. 数值模拟方法多,相应数值模拟软件多

数值计算方法加强并拓宽了解决工程问题的能力,在对不同问题的解决分

收稿日期:2013-02-27

基金项目:同济大学专业教学团队(本科)资助项目;同济大学卓越课程行动计划(专业核心课)资助项目

作者简介:黄雨(1973-),男,同济大学土木工程学院地下建筑与工程系教授,博士生导师,主要从事工程地质的教学和研究,(E-mail)yhuang@tongji.edu.cn。

析中,产生了多种数值分析方法,目前常用的数值分析方法主要为有限元法、有限差分法、离散元法、数值流形方法和反分析法。此外,各数值分析方法相应的数值模拟软件较多,如有限元法软件有ANSYS, RFPA, ABAQUS, 3D- $\sigma$ 等。而目前主要的工程地质数值分析软件有ANSYS, ABAQUS, 3D- $\sigma$ , FLAC, UDEC, DDA, 3DEC, PFC等。在实际工程实践中,如何根据不同工程问题选取不同的数值分析软件也是从业人员必须掌握的知识。

### 3. 实践性要求高,与实际工程联系紧密

地质工程数值法紧密结合工程实践中的工程地质问题,具有很强的实践性。工程地质数值计算需要对工程中可能存在和发生的地质问题进行模拟,提出不良地质现象的防治方案,保证工程建设顺利进行和人民生命财产安全。因此,在教学培养中,不仅要讲授基本的数值方法和原理,更重要的是要让学生利用这些方法和原理解决实际中的各种工程地质问题。

#### (二) 目前教学中存在的问题

##### 1. 学生前期课程知识不足

工程地质数值方法是通过综合应用多个学科知识来解决相应工程地质问题的,与地质工程数值法相关的学科广泛,学生需熟练掌握前期课程原理,才能深刻理解教学内容,比如,学习弹塑性有限元法,学生必须对张量、矩阵、弹性力学知识有一定的了解。此外,对不同的工程地质问题,采取的数值分析方法所涉及的交叉学科均不相同。因此,地质工程数值法是一门综合性很强的课程,要求学生熟练掌握前期课程原理并具备综合应用能力。教学实践中笔者发现,某些前期课程部分学生并未学习,如弹性力学、塑性力学,还有一部分学生基础知识不够扎实,无法对前期知识进行综合利用,对授课内容学生感觉晦涩难懂。因此,在教学过程中要注意巩固和拓宽学生的前期课程知识。

##### 2. 教学内容更新缓慢

目前国内各大学使用的教材,内容陈旧是很突出的问题,越来越引起广大教学工作者的注意<sup>[3]</sup>。近年来,随着工程建设的增多和规模不断加大,越来越多工程地质问题出现,工程地质数值新方法也越来越多,教学内容的陈旧与落后更加凸显,滞后于实际工程的现场应用<sup>[3]</sup>。此外,教学内容复杂繁琐也是一个重要问题。现有课程体系的教学内容过于注重系统性、完整性,与高等应用型本科教育所突出的

“应用型”要求存在一定的差距<sup>[4]</sup>。工程建设中最常用的数值分析方法是有限元法、有限差分法、离散元法、数值流形法和反分析法,这些分析方法的基本原理,应用范围以及相应的软件各不相同,教师若以大量课时讲解,则导致学生实践性学习不够。

##### 3. 实践能力培养不足

工程数值法终究是为实际工程服务,实践性强。课程难,课时较少,课堂教学时间长,导致实践性教学时间大幅度减少,学生分析问题、解决问题能力难以得到培养。而传统教学以传授书本知识为主,以课堂教学为中心的教学模式忽视了对学生实践能力的培养,难以跟上目前的国际化、信息化、全球经济化的发展趋势。针对社会对信息型、复合型人才要求,专业教师在教学中,不能拘泥于理论知识的讲解,更要想方设法鼓励学生多动手、多实践,以培养学生综合分析问题和解决问题的能力。

#### (三) 教学改革的重要性

近年来数值模拟在工程设计和分析中得到了越来越广泛的重视,已经成为解决复杂工程分析计算问题的有效途径<sup>[5]</sup>。

作为地质工程、岩土工程、地下工程、水利工程、采矿工程等诸多学科的专业基础课,地质工程数值方法被广泛应用于采矿工程、岩土工程、石油工程、水利工程、交通运输工程和地下工程等众多工程学科,而且随着工程建设的增多和规模不断加大,将给工程地质学带来许多新的复杂课题<sup>[2]</sup>。因此,高等学校工程数值模拟教学情况,在一定程度上影响高校相关专业人才在实际工程中解决相应问题的能力,而过去传统的教学模式以及教学内容将很难跟上日益发展的工程建设需要,教学改革势在必行,同时也对相关专业人才的培养具有重要作用。

## 二、教学改革的教学思想与教学理念

### (一) 以科研促进教学,保证教学质量

高校承担着培养高素质创新型人才的使命,科研则是培养本科生创新能力的重要途径。因此,只有坚持科研促进教学的方针,才能重塑高校以教学为中心的共识,形成重视人才培养的舆论导向和思想支撑。任课教师应立足科技前沿,通过研究性学习不断提高自身业务水平和教学能力,并将科研成果转变为公共知识,克服教材内容滞后于最新科技知识的不足,加速提高学生科研素养和专业知识水平,从而保证教学质量。

### (二) 以学生为主体,教师为主导

工程数值法教学强调学生为主体,教师为主导

的师生关系,坚持交往互动的教学方式,将教师的角色由知识传授者转变为学生学习的引导者和促进者。教师在制定教学计划时,首先考虑学生的实际情况,如认知水平、兴趣特点,再考虑教学方法、教学内容,在教学过程中师生共同开发课程、丰富课程,让学生也成为课程建设发展的主人。

### (三)理论与实践结合,过程与结果并重

实践教学是巩固理论知识的有效途径,是培养具有创新意识的高素质人才的重要环节。工程地质学是一门理论性和实践性都很强的综合性学科,因此在保证专业理论教学的同时,应注重实践教学,着重培养学生发现问题、解决问题的能力。

结论表征一个学科的探究结果,过程体现了该学科的探究方法。因此,应重视教学过程对人才培养的作用,鼓励并引导学生在发现问题的过程中发现问题、分析问题、解决问题,从而展示聪明才智,收获经验方法,形成独特个性。

## 三、教学改革实施与具体设计方案

### (一)教学改革实施

#### 1. 强化前期的课程训练,注重学科交叉

针对学生基础知识不够扎实、课程内容较难理解的问题,笔者强化了前期的课程教育,注重基础原理的讲解,并构建好相应的理论体系,让学生能够举一反三。将理论知识与实际问题结合,以激发学生的学习兴趣。在教学中,笔者适当复习了张量、矩阵、偏微分和力学等相应基础知识,使多个学科与地质工程数值法之间形成一个立体的构架,既加强了学生的专业基础,又培养了学生的综合能力。

#### 2. 合理制定教学内容

笔者选用的教材为何满潮教授主编的《工程地质数值法》<sup>[2]</sup>,该书主要介绍了工程地质中主要的数值分析方法,并附有多个数值分析实例。这有助于学生对基本知识、理论和方法的理解与掌握。

教学中,应注重因材施教,灵活调整教学内容和重点。在本科生的教学中,由于大部分学生都只学习过有限元法,对有限差分法、离散元法等不是很熟悉,笔者就把教学重点放在有限元法上,详细讲解该方法的基本原理、求解方法和实际工程案例,而对其他方法只讲解最重要的概念、理论与方法,内容力求少而精。而在研究生的教学中,除了全面讲解教材内容,笔者还选取了日本名古屋工业大学张锋教授的专著《计算土力学》<sup>[6]</sup>作为教学参考书,并鼓励学生多阅读相关文献,以提高学生的专业知识,熟练掌握各种数值分析方法。

#### 3. 注重培养学生的能力

工程数值方法的教学,目的是让学生能够全面、系统地掌握相应知识,核心在于提高学生的实践能力、创新能力和解决问题的能力,重点应该落于实践上。笔者在教学中,特别注重学生实践能力的培养,鼓励学生多动手。给与学生多个典型工程地质案例让其进行分析模拟,学生寻求解决问题方法的同时,能力全面提高。注重学生解决问题的过程,寻求解决问题的方法和策略比获得一个结论本身更重要。

### (二)教学方法设计

#### 1. 引入研究生助教

针对有时教师较忙,无法及时为学生进行答疑的问题,通过引入研究生助教,让学生基础性、概念性的问题能够得以迅速解答。

#### 2. 让学生走向讲台

为杜绝“填鸭式”教学现象,教学过程中,笔者精心挑选了多个重要的知识,从而凝聚为不同的专题,在课堂上留下一定的时间,让学生走上讲台讲授。为了能使自己的讲演精彩,学生会尽心尽力制作演讲PPT,这不仅提高了其对基础知识的掌握,还提高了学生使用多媒体的能力<sup>[7]</sup>。

#### 3. 引入案例教学

课程的核心任务是应用数值分析手段解决与工程相关的地质体问题,如地基岩土体、边坡、井巷围岩、坝基库岸的稳定性。针对这一核心任务并结合专业特色,课程采用案例式的教学方式,以案例为基本素材,以实际工程案例为背景,把学生带入特定的教学情境中分析问题、解决问题,培养学生理论应用能力,并使学生形成一定技能、技巧。案例教学法具有情境性、主体性、互动性、问题性以及实践性等特点。

#### 4. 引入模拟教学

课程围绕一个特定的工程问题,要求学生分组讨论,提出解决方案,并选用合适的数值方法及计算机软件解决问题,然后各小组展示计算成果,相互交流。通过这种模拟教学帮助学生转变学习方法和态度,从课堂的“观众”变为课堂的“演员”,让学生主动去探索、发现、思考知识的意义,主动去搜集资料,并且自觉地将当前知识与已知事物的认知结构相联系,在实践中培养学生的创新能力、学习能力和动手能力,并在成果展示环节中培养学生的表达能力和沟通交流能力。

#### 5. 考核方式改革

为了进一步提高学生的实践能力,杜绝学生“考前突击、考后即忘”的问题,笔者改变以试卷成绩为

主的单一考评方式,采用与改革目标相一致的多元化综合成绩评定形式。即总成绩由平时成绩和期末成绩组成,平时成绩包括平时作业、出勤、上课表现,注重对学习过程的评价。平时认真记录学生的自学情况、课堂提问、参与讨论和创造力加分等内容。笔者摒弃了期末考试作为期末成绩的标准,而是精心选取了多个与岩土工程密切相关的专业问题,让学生进行数值模拟分析,写出相应的作业报告作为期末成绩评定标准。如此促进学生的学习能动性,提高学生实际操作能力。并且,尽可能给每个学生不同的数值模拟问题以避免学生相互抄袭的可能。

#### 四、结语

工程数值方法需要综合运用多门学科知识,解决实际工程地质问题,其研究的内容丰富,对该学科的教学造成一定困难,也为课程教学改革创造了条件。因此,在今后的教学过程中,必须顺应现代工程地质与计算机科学的发展,改变传统的教学模式,着重加强基础知识的教学,提高学生的实际能力,使学生既有较好的理论分析基础,又具有较强的解决实际工程地质问题的能力。

文章以“地质工程数值法”为例,针对课程特点和目前教学中存在的典型问题,提出了教学改革的思想与理念,实施了改革方案。改革实践的结果证明,新的培养模式下地质工程数值法课程的教学效果有了明显提高,学生的分析能力、解决问题能力、

实际动手能力和计算机应用能力都得到明显提升。例如:为验证数值模拟结果的正确性,有的学生算出了数值问题的理论解,有的通过其他数值模拟软件进行相互验证,这些进一步巩固了学生相应知识的学习与应用,也促进了学生自主学习相关内容以解决相应问题。

教学改革是一场持久战,存在许多问题,需要不断地进行改进和完善,笔者目前正在建立相应的数值法教学案例库,随着案例库的完善,能为后人教学提供很大便利,把工程数值方法教学推上一个更高的台阶。

#### 参考文献:

- [1] 黄云飞, 冯静. 计算工程地质学[M]. 北京:兵器工业出版社,1992.
- [2] 何满潮. 工程地质数值法[M]. 北京:科学出版社,2006.
- [3] 黄明奎. 岩石力学课程教学改革与思考[J]. 高等建筑教育,2008,17(4):82-84.
- [4] 王忠福. 高等学校地质工程数值法课程教学改革的研究[J]. 中国科教创新导刊,2010,(16):67-67.
- [5] 杨世浩, 郑明燕. 土木工程数值模拟及应用教学的改革与实践[J]. 中国水运,2006,6(8):66-67.
- [6] 张锋. 计算土力学[M]. 北京:人民交通出版社,2007.
- [7] 黄雨, 卞国强, 叶为民. 土木工程专业“工程地质学”双语教学改革试探[J]. 高等建筑教育,2009,18(2):97-101.

## Teaching reform on engineering numerical methods: a case study in numerical methods of geological engineering

HUANG Yu<sup>a,b</sup>, LIU Chengwei<sup>a</sup>

(a. Department of Geotechnical Engineering, College of Civil Engineering; b. Key Laboratory of Geotechnical and Underground Engineering of Ministry of Education, Tongji University, Shanghai 200092, P. R. China)

**Abstract:** To the teaching problems in engineering numerical methods, a reform necessity of teaching activities is firstly analyzed by a case study of numerical methods of geological engineering. Then, based on the characteristics of this course, a series of reform concepts and measures are proposed, which includes the teaching contents, training of students' ability and the design of specific teaching method. Finally, some suggestions and attentions are pointed out for the reference of teaching reform.

**Keywords:** engineering geology; numerical method; teaching reform; course construction

(编辑 周沫)