doi:10.11835/j.issn.1005-2909.2020.06.018

欢迎按以下格式引用:张治国,方蕾,叶黔元,等.新媒体时代基于工程应用型人才培养的塑性力学教学改革[J].高等建筑教育,2020,29(6):125-132.

新媒体时代基于工程应用型人才培养的塑性力学教学改革

张治国,方　蕾,叶黔元,陈有亮
(上海理工大学 环境与建筑学院,上海　200093)

摘要:塑性力学是一门针对土木工程专业研究生开设的课程,授课内容为物体塑性变形时的应力-应变规律。该课程内容复杂、公式繁多,难免让学生觉得晦涩难懂。针对塑性力学课程在传统教学中存在的普遍问题,结合新时代新媒体平台进行了以工程应用型人才培养为导向的课程教学改革。依托上海理工大学教学改革案例提出相关措施,通过微信公众号建立网上课堂,增加师生互动,以网课制作的形式优化教学内容;理论与实践相结合,通过新媒体工具增加土木工程方面的实例教学;将土木方向新兴的设计仿真工具与传统教学结合,采用多媒体教学方式呈现给学生;建立校企合作模式,企业技术人员网络授课,进行虚拟平台模拟实训;要求研究生结合自己研究方向,查阅塑性力学相关文献并形成课业报告,进行课堂PPT汇报。

关键词:塑性力学;工程应用;新媒体;教学改革

中图分类号:G642.0;TU-4　　**文献标志码**:A　　**文章编号**:1005-2909(2020)06-0125-08

伴随经济的腾飞发展,中国土木行业快速兴起,对土木类专业人才的需求及标准也越来越高,因此,迫切需要各高校向社会输送大量高质量高素质土木类专业人才[1-2]。住建部颁布的《全国高等学校土木工程专业评估(认证)文件》对土木专业学生的毕业要求做了特别阐释,在关于学生研究能力方面的毕业要求中特别提出"能够基于科学原理、采用科学方法对土木工程专业的复杂工程问题进行研究"[3]。随着新媒体时代的到来,各种新媒体工具为培养高质量土木类专业人才提供了技术支持。上海理工大学建筑与环境学院为培养高质量土木类人才,提出合理利用新时代新媒体工具,培养高质量工程应用型人才。学校坚持理论教学与实际工程结合,为土木行业人才培养与产业优化升级贡献一份力量。实际上,作为研究生重要课程的"塑性力学"知识体系在土木工程中应用极为广泛(图1),值得关注。

修回日期:2019-12-19

基金项目:国家自然科学基金(41977247;41772331);上海理工大学"精品本科"教改项目(2016校级-39)

作者简介:张治国(1978—),男,上海理工大学环境与建筑学院副教授,博士,主要从事地下工程、岩土工程教育研究,(E-mail)zgzhang@usst.edu.cn。

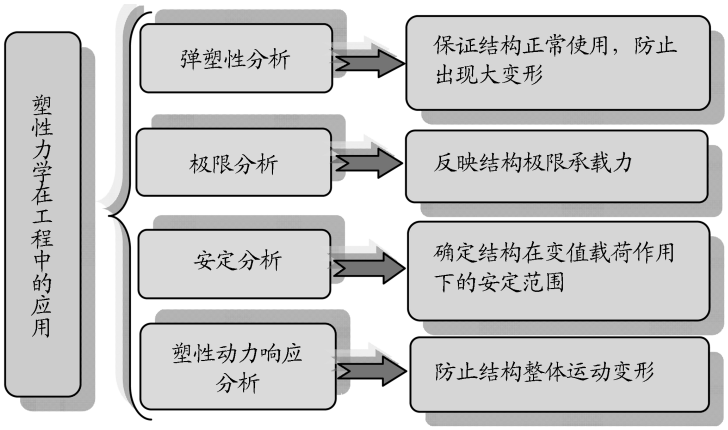


图 1 塑性力学在土木工程中的应用

上海理工大学建筑与环境学院针对当前塑性力学课程教学中存在的问题，提出了新媒体时代基于工程应用型人才培养的塑性力学课程教学改革计划。塑性力学是土木工程类专业研究生教育中的重要一环，是现代土木专业人才必须掌握的一门课程。对于研究生课程教学而言，该课程是后继学习有限单元法、地下工程、高等混凝土结构、高等钢结构等课程的基础[4]；对于学术研究而言，该课程为部分土木工程相关专业后续研究提供理论基础；对于日后工作而言，实际工程中发生塑性变形的物体绝非少数，这时研究物体应力和变形就显得极其重要。但根据教学要求不同和学时限制，在传统教学安排上，主要依托课本重点介绍塑性力学的研究理论和基本方法，而对塑性力学应用的实际问题没有涉及，导致学生只会公式推导，并不能清楚了解塑性力学在工程中的应用，不能将学过的理论知识与实际案例结合。这种教学模式易造成课堂所学知识与实际操作脱节，学生无法准确完成实际工程的设计、施工、检测等工作，更不用提在物体塑性变形方面的深入创新研究等。其次，相对于某些有众多实践环节的课程，塑性力学长篇的公式推导及空泛的内容不易激起学生主动学习的兴趣，不利于研究生工程应用能力及创新意识的培养，无法达到理想的教学效果[5]。因此，为培养工程应用型土木人才，针对塑性力学课程教学模式和课程教学内容的改革势在必行。

一、塑性力学在传统教学中存在的主要问题

上海理工大学塑性力学课程在教学方面存在的问题主要体现在 4 个方面。

（一）课程晦涩难懂，学生兴趣不高

学生学习这门课程主要是通过教师讲解，对照塑性力学课程教材理解其中的知识。塑性形变是一个极其复杂的过程，随外界条件和研究物体材料的不同而发生改变，例如，在讲述物体屈服条件及塑性本构关系时，很难反映全部的实际情况[6]。因为求解方程的非线性，求解时会遇到许多数学问题，由于塑性区域和非塑性区域的共存，对于两区域交界面的确定也存在诸多困难。课堂时间有限，学生在课下消化知识时，无法及时与教师沟通，在接触如此复杂且枯燥的理论知识时难免失去耐心。

（二）理论推导与实际工程相脱离

塑性力学课本上所教授的知识主要分为两大类：一是以实验结果为基础，建立物体塑性变形的基本规律；二是利用这些基本规律求解物体在外荷载作用下变形和应力的分布情况。在传统课堂上由于教学工具的限制，为便于学生理解，主要的研究对象为杆件、规则的空间物体或是板壳结构等简化结构，且主要结合金属材料进行讲解，但学生在日后工程应用中不懂得这门学科运用于何处，具体能解决什么问题，又在何时可以使用。由于塑性力学的教学时长只有 36 学时，课堂教学较仓促，教师只能完成基本理论知识的讲述。

(三)理论推导与数值模拟结合不紧密

学校塑性力学在传统教学内容上主要注重理论知识的推导和梳理,从而忽略了理论推导和数值模拟的结合,使学生学习的知识略显空洞,不够形象化和具体化。当今土木行业工程设计中大都实行公式推导与数值模拟结合的模式,研究对象更加具体、明确。

(四)学生被动接收知识,与自身科研方向联系不够

上海理工大学塑性力学课程开设在研一上学期,刚入学的研究生对自己的科研方向还没有完整的概念,只有一个懵懂的认识,对塑性力学这门课程的重要程度认识不够,认为塑性力学只是一门基础课,不懂塑性力学与自己专业的关联性。

二、新媒体下培养工程应用型人才的塑性力学改革思路

上海理工大学塑性力学课程教学改革明确了以培养工程应用型人才为导向,利用新媒体平台为工具的改革思路。《中华人民共和国学位条例》指出,硕士、博士学位取得者要具有从事科学研究工作或独立担负专门技术工作的能力[7],因此,培养懂技术、能应用于工程实践的专业人才成为研究生教育的主要任务。王晓丽等[8]提出在新媒体环境下无机及分析化学教学中培养实验型人才的目标,李芳[9]提出利用新媒体工具完善形势与政策课程。却很少有人提及如何利用新媒体平台对塑性力学课程进行教学改革。上海理工大学由此提出新媒体时代基于工程应用型人才培养的塑性力学课程教学改革计划。对此,学校整合教学资源对塑性力学课程教学计划作调整(图 2),实现实际课堂与网络课堂并重,教师与学生共同授课,培养工程应用型人才的塑性力学教学方式。

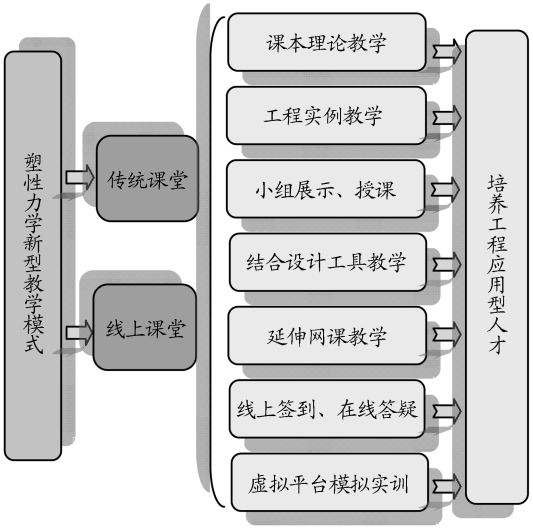


图 2　新媒体塑性力学教学改革计划

三、新媒体下培养工程应用型人才的塑性力学改革举措

(一)微信网络课堂与传统课堂并重,合理分配教学内容

在教师授课前,可通过微信平台发布预习任务,学生提前预习,提高上课效率;授课后可将课程视频传入微信公众平台,若学生无法同时消化全部知识,可在课后自行翻阅录播记录。塑性力学的学习内容包括应力状态和应变状态、屈服条件、塑性本构关系、弹塑性弯曲和扭转问题、球对称和轴对称的弹塑性问题、理想刚塑性体的平面应变问题等[10],而学校安排的 36 学时不足以细讲塑性力学课程知识。由此,采用微信课堂与传统课堂并重的形式,双方协同合作,各司其职,新型教学模式见图 3。

在传统授课时教师可重点介绍应力、应变状态、屈服条件、塑性本构关系等重点内容。为锻炼学生表达能力,加深学生对课本知识的理解,可将部分内容交与学生授课。例如,屈服条件方面的问题,可将学生分成小组讲授 Mohr-coulomb、Drucker -Pragor、Mises、Tresca 等屈服条件课程[11],教师在学生授课后再进行总结授课,加深学生对课本知识的理解,还可以锻炼研究生的表达能力,防止出现只会写论文,不善言语表达的窘迫境况。

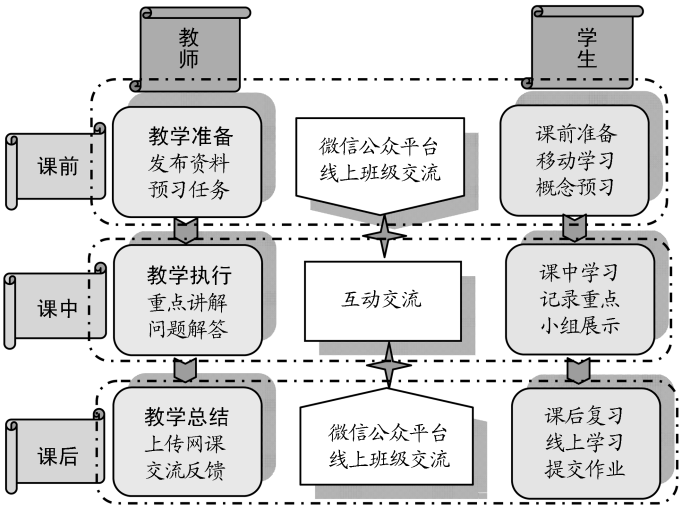


图 3 新媒体线上、线下合作的教学模式

对于张量表达[12-13]等基础知识或板壳的弹塑性问题、有限元法解弹塑性问题等延伸知识可让学生课后自己查阅资料,以读书报告形式网上提交,不懂的问题可以在微信公众平台与教师交流,大大缩短教学时间。部分非基本理论知识过于深奥,如弹塑性弯曲扭转问题及球对称和轴对称问题,非土木专业所有研究方向的学生都需掌握。教师可以课后录制此类课程,然后传入课堂派等微信公众平台[14]供学生自行学习。近年来微信公众平台发展迅速,功能也愈发完善,衍生出一些既能直播授课,又能定位打卡、统计作业并智能计算学生平时成绩的公众平台,可以节约教师管理班级琐事的时间。

(二)增加应用塑性力学内容的工程实例教学

对于传统课程,由于场地、时间及技术手段的限制,教师只能讲述枯燥的理论知识。如今通过网课缩短理论知识的教学课时,增加工程应用方面的实例,将理论和实际工况结合。在教师讲述工程案例时可通过手机记录将课程传入微信公众平台,若学生无法同时消化全部知识,可在课后自行翻阅录播记录。在塑性力学课程中着重了解所分析物体的应力、应变情况及塑性区域的变化。学校在塑性力学课程中增加了一个位于滑坡中部隧道开挖时的塑性分析实例,使学生能清楚了解隧道开挖时围岩产生塑性变形的应力分布,帮助学生将塑性力学知识与实际工程相结合。

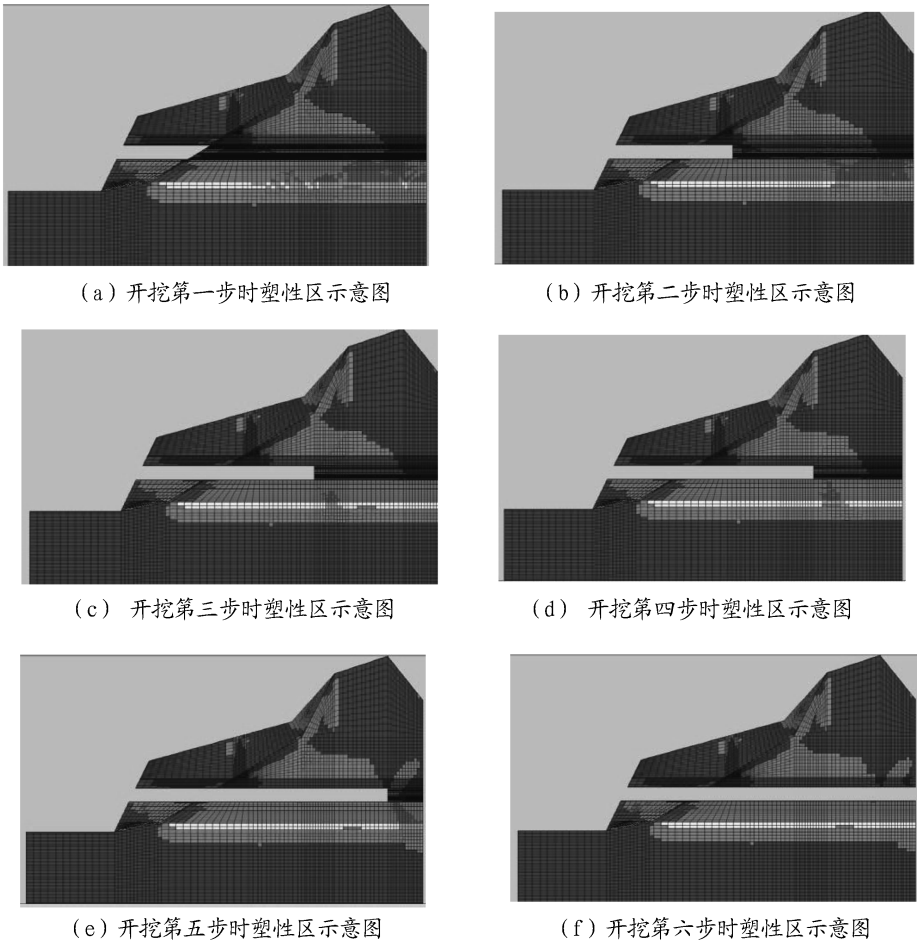
学校塑性力学课程教学工程案例中,拟用的工程隧道截面为半径 14.28 m、6.20 m、2.18 m 的三心圆,等效圆形隧道直径为 12.40 m 的马蹄形隧道。通过 Flac3D 建立的隧道模型对隧道模型围岩的具体应力变化情况和塑性分析云图作具体分析。

当隧道从滑坡体中部垂直穿越时,隧道长度为 221 m,分 6 步全断面开挖,每步开挖进尺约为 36.83 m。应力在模型的上表面最小,越往下部应力越大,基岩内部最大。随着隧道开挖步数的增加,滑坡体内部的应力也逐渐增大,而基岩内部的最大应力没有变化。隧道在开挖过程中其围岩的塑性分析图见图 4。

由隧道从滑坡体上部垂直穿越的塑性区云图可知,隧道开挖对滑坡体的影响较大,对滑坡顶部和底部的影响最大。当隧道穿过滑坡体进入稳定基岩后,隧道开挖对滑坡体的影响很小,塑性图基

本不变化。

在塑性力学课堂上通过对此隧道开挖时塑性区域的分析直观展示实际工程中的塑性区域,便于学生理解。教师同时可以利用 Lumion 等 3D 可视化软件将隧道塑性区域变化过程制成动画传入班级微信平台。



(a) 开挖第一步时塑性区示意图　(b) 开挖第二步时塑性区示意图

(c) 开挖第三步时塑性区示意图　(d) 开挖第四步时塑性区示意图

(e) 开挖第五步时塑性区示意图　(f) 开挖第六步时塑性区示意图

图 4　隧道开挖时塑性区域示意图

(三)将理论教学与当代设计工具结合

土木类工程基本都与一些设计工具相结合完成工程的建设、施工、检测等,而塑性力学课本上的理论知识远远不能满足工程上的需求,学生还需结合基础的假定、理论掌握一些常用的设计、绘图、分析软件。上一小节的工程实例中便用到了 Flac3D 建立隧道模型,分析隧道开挖时的塑性区云图,帮助学生更好地理解什么是塑性变形,塑性变形时应力、应变是如何变化的。教师可将一些设计软件的安装包、教程等网址传入班级微信平台,供学生自行学习,学生之间也可上传自己掌握的学习资料与大家共享。

在介绍塑性力学屈服条件中的 Tresca 条件和 Mises 条件时,可以让学生用 Matlab 或 CAD 等软件绘制二者在主应力曲面的屈服曲面图。不仅可以让学生对这两种屈服条件有更深刻的认识,理解其二者的差别,而且可以让学生掌握一些工程中常用的绘图软件。学生用 Matlab 绘制的 Tresca 屈服曲面和 Mises 屈服曲面见图 5、图 6。

(四)建立校企合作模式

传统课程中培养工程应用专业人才,只能利用每学期仅有的实训周去企业实地参观。由于学生人数众多,此种培养方法不仅不好管理,而且存在安全隐患,学生很难真正学到有用的知识。在

新媒体时代下,实行校企合作模式可以邀请企业技术人员网络授课,虚拟平台模拟实训,使每一位学生都能清楚了解塑性力学在行业中的应用,而且此类课程可稍加改动,在连续几届学生中重复教学,大大降低学校的教学成本。同时可以利用虚拟平台模拟实际工况,让学生亲自动手操作,检验学习成果。校企合作开展塑性力学教学方式见图 7。

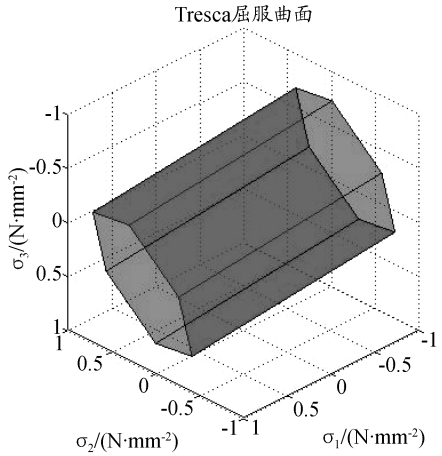


图 5 Tresca 屈服曲面

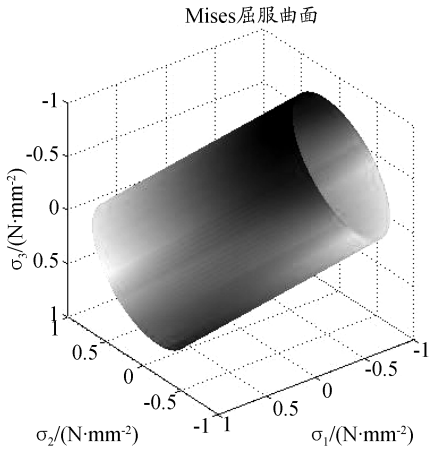


图 6 Mises 屈服曲面

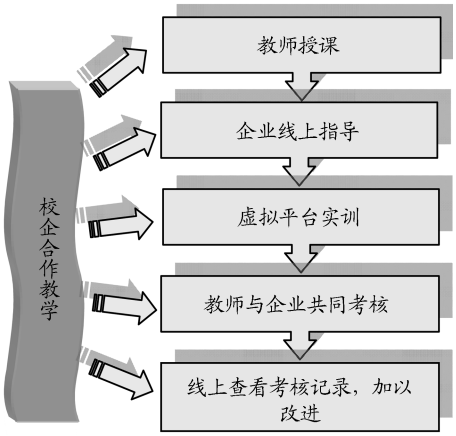


图 7 校企合作流程图

(五)课程内容与学生科研方向相结合

为防止出现所学知识与科研方向脱节的情况,在课堂上,教师可让学生结合自己的专业方向按结构工程、岩土工程、桥梁与隧道工程等进行分组,课后查阅与自己科研方向有关的文献,并完成文献阅读报告,在课堂上发表。

例如:桥梁与隧道工程中隧道方向的学生组成一个小组,研究广义 Hoek 屈服准则[15]在一个圆形隧道围岩塑性变形分析时的应用[16]。将隧道围岩划分为弹性区域和塑性区域,设隧道围岩为各向同性均质线弹性体,设本来围岩应力为 P_1,隧道支护力为 P_2,隧道的半径为 R,其力学模型见图 8。

学生通过文献中对此隧道力学模型的塑性、非塑性区域分析和塑性力学解析式分析可以得到隧道开挖后塑性区域围岩所受应力及隧道的支护压力,不仅与隧道的力学性能和支护等因素相关,还和本来的围岩应力有关。学生对此种学习方式十分感兴趣,各组长与组员配合有度,大家分工合作,查阅文献、筛选文献,对文献内容展开激烈讨论。课程内容结合科研方向的教学模式不仅可激发学生对塑性力学的强烈兴趣,让他们从实践中懂得这门课程的重要性,而且使学生对自己的研究方向有进一步了解,为以后的科研工作和工程应用奠定基础。

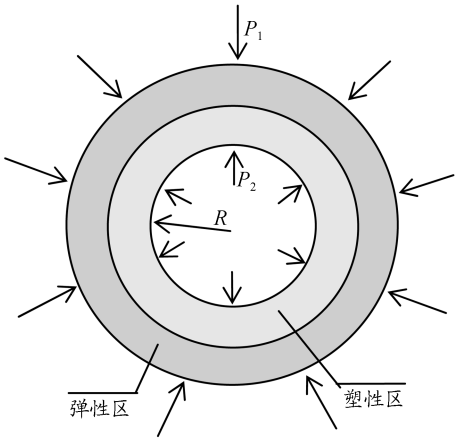


图 8　隧道力学模型

四、结语

在塑性力学传统教学中增加的新媒体平台使学生有充分的时间分析消化塑性力学中晦涩难懂的理论推导过程,给师生提供了方便快捷的交流方式,同时网络课堂的定位打卡、布置作业等功能节约了教师的时间,提高课程教学效率。此外,在塑性力学传统课程中增加土木方面的实例教学,与新媒体工具结合,共享工程实例,为工程应用型人才培养打下基础,也使研究生在研一上学期就对工程实况有初步的了解。实际工况和理论课程接轨,不再把塑性力学当成一门理论和计算课,而是一门能运用到实践中的实用课程。

在塑性力学课程教改中,重视常用设计工具的应用,在教学中布置与其有关的课后作业,让学生学习一些能应用于工程的专业技能,如 Matlab、CAD 绘图等。通过在微信公众平台建立的线上班级,师生之间可及时针对专业问题展开探讨,互相分享经验。有学生遇到难题时便可线上求助,实现资源共享,共同提高专业技能。

在塑性力学课程教改中,校方与企业合作,请企业技术人员实地录制课程,为学生讲解实际工况,再让学生于虚拟平台模拟操作,感受物体的塑性变形过程。这样不仅锻炼了研究生的工程应用能力,还增加了研究生的实操机会。同时,教师要求研究生组成小组结合自身研究方向,查阅塑性力学相关文献,整合资料,并在课堂上进行 PPT 汇报。此种教学模式不仅增进了学生间的学术交流,使其在脑海中形成知识整体框架,还可锻炼学生的语言表达能力。

在新媒体的时代浪潮中,上海理工大学为培养工程应用型人才,利用各种新技术平台,展开线上教学,探究塑性力学课程的教学模式和内容改革。通过课程实践,此种教学方式获得了学生的一致好评,使原本枯燥难懂的塑性力学课程变得生动形象,既让学生在快乐的学习氛围中学习书本知识,又使学生具备工程应用的专业实践技能,为培养工程应用型人才开拓了一条新道路,为兄弟院校进行该类课程教改提供了新思路。

参考文献:

[1]贺俊,刘亮亮,张玉娟.人力资本及其投入效率与研发资本比较优势研究[J].中国科技论坛,2016(9):110-114.

[2]吴中江,黄成亮.应用型人才内涵及应用型本科人才培养[J].高等工程教育研究,2014(2):66-70.

[3]黄正均,苗胜军,张磊,等.基于工程教育认证的土木工程专业实验教学改革与实践[J].实验技术与管理,2019,36(1):217-220.

[4]余同希,薛璞.工程塑性力学[M].2 版.北京:高等教育出版社,2010.

[5]周博,薛世峰,李瑞勇.研究生弹塑性力学课程改革的实践与探索[C]//力学与工程应用(第十六卷)—第 16 届北方

七省市区力学学会学术会议论文集,2016.
[6]林高用,杨立斌,陈明安,等.《弹塑性力学》课程教学的改革与实践[J].湖南医科大学学报(社会科学版),2006,8(1):205-207.
[7]全国人民代表大会常务委员会.中华人民共和国学位条例[M].北京:中国民主法制出版社,2004.
[8]王晓丽,郑韵英,陆来仙.新媒体在无机及分析化学实验教学中的应用探讨[J].广州化工,2018,46(23):162-163.
[9]李芳.新媒体背景下提高高校《形势与政策》课程教学效率的有效路径[J].南方农机,2019,50(1):142.
[10]夏志皋.塑性力学[M].上海:同济大学出版社,1991.
[11]熊祝华,洪善桃.塑性力学[M].上海:上海科学技术出版社,1981.
[12]徐芝纶.弹性力学[M].2 版.北京:人民教育出版社,1982.
[13]吴家龙.弹性力学[M].上海:同济大学出版社,1987.
[14]余祥,张丽娜,李凤臣,等.独立院校基于微信公众平台与传统教育的混合模式教学研究——以钢结构设计原理课程为例[J].高等建筑教育,2018,27(1):49-52.
[15] Hoek E,Carranza-Torres C,Corkum B. Hoek-Brown failure criterion [C]// Proceedings of the 5th North American Rock Mechanics Symposium and 17th Tunnelling Association of Canada Conference. Toronto: University of Toronto,2002.
[16]经来旺,叶金胜,周建.基于广义 Hoek- Brown 屈服准则的圆形巷道围岩弹塑性力学分析[J].科学技术与工程,2017,17(14):277-280.

Teaching reform of plastic mechanics course based on engineering application talents training in the new media era

ZHANG Zhiguo, FANG Lei, YE Qianyuan, CHEN Youliang
(*School of Environment and Architecture, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, P. R. China*)

Abstract: Plastic mechanics is a course for graduate students in civil engineering specialty. The main contain of the course is the law of stress and strain changes when the object is plastic deformed. The course content is complex and the formulas are numerous, which inevitably makes students feel obscure. In view of the significance and problems of the plastic mechanics course, this paper carries out the curriculum teaching reform oriented by engineering application-oriented talents in order to stimulate students' interest in learning and combine with the new era and new media platform. Taking the teaching situation of University of Shanghai for Science and Technology as an example, the specific reform measures are put forward. An online classroom is established through the WeChat public account which increases the interaction between teachers and students, and optimizes the teaching content in the form of online course production. Examples teaching in civil engineering are added through new media tools based on the combination of theory and practice, which combines the design tools commonly used in the current civil engineering direction with traditional teaching, and presents them to students through multimedia teaching. A school-enterprise cooperation mode is established, including the network training for enterprise technicians, and virtual platform simulation training. Graduate students are required to review recent literature related to plastic mechanics and make reports, and report PPT in class which combines their research directions.

Key words: plastic mechanics; engineering application; new media; teaching reform

(责任编辑 周 沫)