

doi:10.11835/j.issn.1005-2909.2020.04.013

欢迎按以下格式引用:李为腾,吴燕开,王来,等.以兴趣激发为着力点的土力学课程教学改革[J].高等建筑教育,2020,29(4):87-94.

以兴趣激发为着力点的 土力学课程教学改革

李为腾,吴燕开,王来,王刚,赵景伟

(山东科技大学 土木工程与建筑学院,山东 青岛 266590)

摘要:土力学课程教学内容较枯燥,易挫伤学生学习积极性,影响教学效果。为此,通过广泛发掘土力学课程内容趣味点,以启发引导式教学方法为基本框架,设计以兴趣激发为特色的土力学课程启发引导新型教学方案。将趣味点融入知识点进行问题设计,从学生日常见闻和切身场景中引出问题。在启发引导过程中教师主要发挥适时引导作用,强化学生的主体地位,重视学生的参与,让学生在充分享受求知乐趣的同时寻求问题答案,最后通过总结环节激发学生成就感,体会科学研究的严谨性。以实际案例介绍新型教学方案的实施过程,剖析方案的设计依据与实践经验,并基于教学实践反馈进行总结分析。

关键词:土力学;课程教学;兴趣教学;启发引导;教学改革

中图分类号:G642.0;TU43

文献标志码:A

文章编号:1005-2909(2020)04-0087-08

土力学课程是土木工程专业的一门重要专业基础课,对二级学科岩土工程及特设专业城市地下空间工程尤为重要,同时也是水利工程、矿业工程等专业基础课。学习土力学课程需要公共基础课知识作支撑,同时土力学课程又是后续专业课学习的必要铺垫。土力学课程一般开设在大三上学期,在高等数学、理论力学、材料力学、弹性力学等公共基础课之后,在隧道工程、地下建筑结构、基坑工程等专业课之前,土力学课程在土木工程专业整个课程体系中占据枢纽地位^[1-3]。土力学课程也是学生知识结构甚至认知体系的过渡课程,在工程现象解释、工程问题解决中将系统运用数学、基础力学等纯理论知识,是工科学生逐步建立“工程问题—科学问题—数学问题”思维的重要载体,对学生整个大学课程知识框架的形成和日后工学素养的培养具有重要价值。然而土力学课程

修回日期:2019-10-26

基金项目:山东省本科高校教学改革研究重点项目(JG201603);山东科技大学优秀教学团队支持计划(JXTD20190503);山东科技大学土木工程与建筑学院教学改革项目(JG201711)

作者简介:李为腾(1987—),男,山东科技大学土木工程与建筑学院副教授,博士,主要从事岩土工程的教学和科研工作,(E-mail) lwteng2007@163.com;(通讯作者)王刚(1976—),男,山东科技大学土木工程与建筑学院教授,博士,主要从事岩土工程相关教学和科研工作,(E-mail) wanggang1110@gmail.com。

教学和学习都较枯燥无味,学生的兴趣很难被调动,而学生缺乏主动思考、主动学习的动力,学习效果必将受到较大影响^[4-5]。

目前,土力学课程教学主要采用讲授法。启发引导式教学作为一种传统的讲授法,可以较好地启发学生思维,凸显学生的主体地位,在传授知识的同时培养学生的思辨能力,符合当代人才培养的教育理念。谢和平院士在2018年第七届“IET杰出大学校长奖”的获奖感言中讲到:“从教育的本质来讲,教育不仅仅是注满一桶水,更应该是点燃一把火,发掘每个人的潜质;不仅教给学生知识和技能,更应启迪学生的创新思维……”正因如此,启发引导式教学模式长期以来一直被广泛运用,显示了旺盛的生命力^[6-7]。然而,由于土力学课程内容本身比较枯燥,学生往往被动接受知识,启发引导教学模式中的启发、引导作用难以得到充分发挥,因此,在土力学课程教学中,应充分发掘课程内容的兴趣点,增强学生学习的动力,激发学生学习的热情。笔者在近年的教学实践中,借鉴他人经验^[8-10],不断尝试、改进,探索设计以兴趣激发为特色的土力学课程启发引导教学方案,取得了理想的教学效果。以下以两个典型教学案例进行介绍。

一、案例1:为何潮湿的砂土能够成团,而干燥和水下的砂土不能?

案例1所在章节:第1章土的组成;1.3节土中水和土中气;1.3.1节土中水^[11]。涉及知识点:土的三相组成、毛细压力、似黏聚力。设计教学时长:25分钟。

(一)由现象引出问题

1. 呈现现象

给学生展示两组图片:第一组是在沙滩上用湿砂土做成的各种雕塑,或者引导学生回忆用手握潮湿的砂土可以形成砂团的情景(图1a);第二组是干燥的砂土在指缝中漏下(图1b)、代表时间的沙漏等。

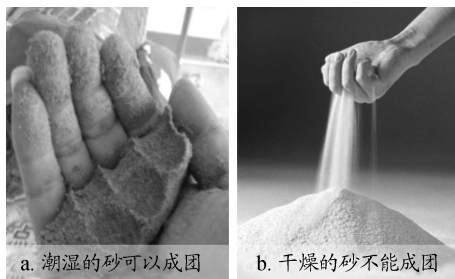


图1 潮湿砂土可以成团而干燥砂土不能

2. 引出问题

向学生提问:同是砂土,为何第一组可以握成团而第二组不可以?学生会很快回答:因为第一组图中的砂土中有水,是水使砂土可以成团。进一步引导学生:既然水可以使砂土成团,那么大家请用自己的经验告诉老师,如果在水下抓一把砂土可不可以成团呢?此时大部分学生会回答不会成团,并产生疑惑。这时教师明确告诉学生:在水下的砂土也不会成团。此时引出最终问题:为何潮湿的砂土能够成团,而干燥和水下的砂土不能?

(二)合作探究

1. 学生方探究

首先,给每个学生2分钟的时间进行思考,并将思考结果写在纸上;然后,开展分组讨论,时间2分钟,并将小组讨论结果也写在纸上;最后,每个小组派出代表汇报讨论结果,时间2分钟。

2. 师生合作探究

教师首先对学生自主探究成果进行鼓励,然后师生进行合作探究。目前已经达成的共识是,干燥的砂土不能成团,水下的砂土也不行,而只有潮湿的砂土可以成团。这使人很容易想到,干燥的砂土与潮湿的砂土相比,不同之处在于里面没有水,因此水是砂土成团的必要条件,但是不是充分条件还不能确定。按照这个思路进一步分析,水下的砂土与潮湿的砂土相比,不同之处是没有空气,因此空气也是砂土成团的必要条件。有些学生这时才意识到,土其实是由土粒、水和空气组成的三相体系,刚才分析的时候竟然把空气给忘了。既然想到了这一点,就可以从三相的角度来对比一下:干燥的砂土里面只有空气没有水,水下的砂土里面只有水没有空气,而潮湿的砂土里面既有空气又有水,这才是潮湿砂土的本质不同。那么现在就可以得到第一个推论:潮湿的砂土能够成团,是因为水和空气同时存在,只有水不行,只有空气也不行。这是问题解答的第一个层次。

水和空气同时存在才能使砂土成团,这又是为什么呢?砂土能够成团,砂粒能够聚在一起而不散,肯定是有的一种力的存在。这种力一定需要既有水又有空气,那什么样的力具有这种特征呢?表面张力。这是学生听过但可能并不太熟悉的名词,教师可提供几张图片:试管中弯液面(图 2a)、水面上停着的昆虫(图 2b)、荷叶上扁球形露珠(图 2c),以及神州十号飞船太空授课时做过的一个实验,在无重力作用下可以看到水球现象(图 2d),这些现象都与表面张力密切相关。表面张力是一种存在于液体表面(液-气界面)、水分子之间沿着切向方向的拉力(张力)。可要求学生课下做一个有趣的实验,体会表面张力的存在:用脸盆装一些清水,牙签一端沾一些洗洁精(或肥皂水、洗发水、沐浴露等),慢慢将牙签平放在水面上,可以看到牙签在盆中游动起来(牙签一端的洗洁精消除了表面张力,使两端产生力差,从而导致运动)。潮湿的砂土成团与表面张力有关,这是问题解答的第二个层次。

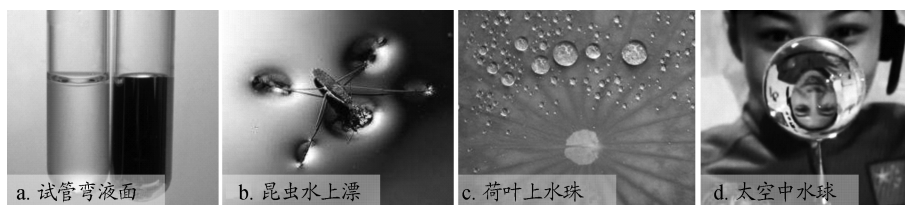


图 2 生活中的表面张力现象

那么表面张力又是如何使砂土成团的呢?其中又有什么机理?如图 3 所示,潮湿砂土的两个土粒之间有水和空气存在,水-气界面形成弯液面,类似毛细管内的凹液面;由于表面张力的存在,弯液面的边缘处表面张力 F_s 沿着弯液面的切向且成一种拉力,其水平向分力使两个土粒间产生相互压紧的力 F ,即毛细压力。这种土粒之间两两相互挤紧的力使潮湿的砂土在宏观上表现出一定的黏性,也使潮湿的砂土具有可塑性,称之为似黏聚力现象。因此潮湿砂土可以被握成团,而干砂和饱和的砂土不可以成团。

(三) 得出结论

现在可以总结一下:不同于干燥的砂土和水下的砂土,潮湿的砂土中含有水和空气,存在水-气

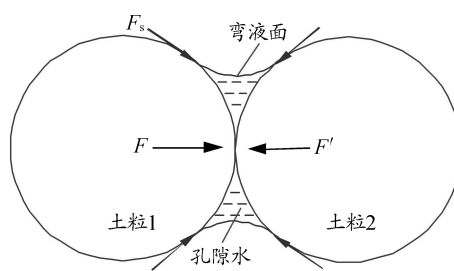


图 3 砂土似黏聚力产生机理示意图

界面;土粒之间的弯液面上的表面张力,使相邻土粒之间产生相互挤紧的力,即毛细压力,在宏观上使砂土具有似黏聚力,表现出一定的可塑性,因此潮湿砂土可以握成团,而干砂和饱和的砂土不可以成团。其中,毛细压力和似黏聚力是要求掌握的两个知识点。

二、案例2:为何雨后走在黏土地面上容易滑倒,而在砂土地面上却不会?

案例2所在章节:第6章地基变形;6.4节地基变形与时间的关系;6.4.1饱和土中的有效应力^[11]。涉及知识点:土的三相组成、土的种类、渗透性、附加压力、有效应力原理、渗透固结、抗剪强度。设计教学时长:30分钟。

(一)由现象引出问题

大家都有这样的经验,雨后走在泥泞的地面上非常容易滑倒,一不小心就人仰马翻(图4a);而走在同样满是水的沙滩上,却可以用优雅舒适来形容,无需担心滑倒(图4b)。类似的条件,截然不同的现象,那么问题来了:为什么雨后泥泞的地面上非常容易滑倒,而沙滩地面上却不会?这个问题似乎离土力学有些远,那不妨换个说法。从土的种类上来看,沙滩上的土一般属于砂土类,而雨后变泥泞的地面一般属于黏土类。所以问题最终就变成了:为什么雨后的黏土地面上非常容易滑倒,而砂土地面上却不会?



图4 雨后黏土地面滑而砂土地面不滑

(二)合作探究

1. 学生方探究

给每个学生2分钟的时间进行思考,并将思考结果写在纸上;开展分组讨论,时间2分钟,并将小组讨论结果写在纸上;每个小组派出代表汇报讨论结果,时间2分钟。一般来说学生较容易想到:易滑倒是因为脚底地面摩擦力小,这表明在有水的情况下黏土的摩擦力比砂土小。这是从现象反推过来较容易得到的结论。对此教师应当给予肯定和鼓励,并继续发问:那有水的情况下黏土的摩擦力比砂土小又是为什么呢?对此需要刨根问底。

2. 师生合作探究

以学生目前的知识储备来看似乎还很难解释。事实上,在20世纪20年代已经有人对此进行过深入思考。这个人就是著名土力学专家、现代土力学创始人太沙基先生。这里有一个关于太沙基先生的一件趣事,可分享给学生。某个雨天太沙基先生走在泥泞的道路上,一不小心滑了一跤。大师跟普通人就是不一样,他并没有立马起身就走,反而趴在泥地上思索良久,为什么会滑倒呢?就像当年牛顿先生被苹果砸中发现万有引力定律一样,太沙基先生经过一番思考和日后的研究,提出了著名的太沙基有效应力原理。

引出太沙基有效应力原理后,接着开始讲解饱和土中的有效应力原理(过程略):饱和土中的总应力总是等于有效应力加上孔隙水压力,或者有效应力总是等于总应力减去孔隙水压力;土体的变

形和强度只取决于有效应力。进一步讲解饱和土的渗透固结及弹簧-活塞模型(图5):在附加压力 P 的作用下,水会通过活塞孔慢慢渗出,弹簧随之变形(受力)。这个过程对应饱和土的渗透固结过程,其中弹簧受力的变化对应有效应力的变化,容器中水压力的变化对应超孔隙水压力的变化。且进一步分析又得到:饱和土的渗透固结就是超孔隙水压力的消散和有效应力相应增长的过程。

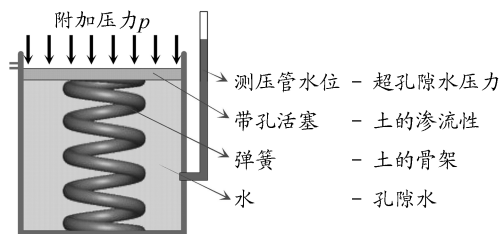


图5 基于饱和土中有效应力原理的弹簧-活塞模型

在掌握了饱和土的有效应力原理和弹簧-活塞模型后,再来尝试回答最初的问题。给学生3分钟的时间开展小组讨论,然后引导学生共同梳理答案。(1)问题中提到了两种土,分别是黏性土和砂土,而且两者都可以看作饱和土,可以套用饱和土中的有效应力原理;人走在上面可以理解为施加了附加荷载在上面,可以借助弹簧-活塞模型进行分析。(2)根据有效应力原理,人的重量是由土中骨架和孔隙水共同承担的。当人踏上去的一瞬间,人体重量全部由孔隙水承担,此后随着孔隙水向外渗流,人体重量的一部分开始转移到土体骨架上。分析到这里,黏性土和砂土的区别就需要指出来了,由于黏性土渗透性弱,水排出的速度更慢,人体重量更多由水来承担,超孔隙水压力越大;相反,砂土渗透性更强,水排出的速度更快,因此人体重量更快转移向土的骨架,有效应力更大。(3)此时还差最后一环,已经接近最后的答案了。根据有效应力原理,土的抗剪强度由有效应力决定,也就是说:哪一种土中的有效应力越大,则抗剪强度越高。因此,同样的条件下,雨后饱和黏性土中的有效应力更小,则抗剪强度更小,只能为脚底提供较小的摩擦力,人更容易滑倒;而相反,饱和砂土中的有效应力更大,则抗剪强度更高,可以提供更大摩擦力,有利于人体平衡。

(三) 得出结论

雨后的黏性土和砂土都可看作是饱和土,人踩上去后相当于施加附加压力,根据饱和土中的有效应力原理,附加压力将会由土粒骨架和孔隙水共同承担。由于砂土渗透性好,孔隙水排出快,人体重量更多由土粒骨架分担,有效应力更大,土中抗剪强度更高,可为脚底提供更大的摩擦力,防止滑倒;而黏性土则相反,孔隙水排出慢,人体重量更多由孔隙水承担,有效应力更小,抗剪强度更低,无法为脚底提供足够摩擦力,人更容易滑倒。其中的关键词为饱和、有效应力原理、渗透性、抗剪强度。需要掌握的知识点:饱和土中的有效应力原理、弹簧-活塞模型。

三、案例剖析

上述两个案例采用了相同的程式,即典型的启发引导式教学过程:“现象—问题—探究—结论”。

(一) 呈现现象

呈现现象可利用多媒体直观展示图片、视频,或引导学生回忆甚至构建情景。这一环节对于激发兴趣来说最为重要,应尽量根据学生特点选取趣味性较强的现象载体。对学生而言越是日常的、切身的见闻越好,因为代入感更强烈,兴趣激发更显著。但也应注意,现象载体应容易被大部分学

生所认同,切忌勉强生硬。若学生产生如“没错,我也经历过,确实是这么回事”的想法,则说明现象呈现较为成功。

(二) 引出问题

由现象到问题这一环节,应尽最大努力引发学生的疑问和思考。当问题较明显(如案例2)时,可以开门见山,而当问题相对隐蔽或由多部分构成(如案例1)时则可以采用循循善诱的方式,让学生逐步接近最终问题。对于最终问题的设置,可尽量多涉及已学的知识点,在巩固知识点的同时还可增加解答层次,增强吸引力。如案例2其实也可以表述为“为何站在饱和黏土地面容易滑倒而在饱和砂土地面却不会”,将“饱和”换成“雨后”,问题解答多出一个可用已学知识点解答的简单层次,学生解题成就感就会增强。但也应注意这样有可能导致问题复杂化而带来学生的挫败感。若学生看到问题后产生如“我也想到过,这的确是个问题,是该琢磨琢磨”的想法,则说明学生兴趣被很好地调动起来了。

(三) 合作探究

首先,应当明确的是这一环节的实施主体始终是学生。从表面上看,案例1和案例2中这一环节的前部分主要是学生参与,后部分主要是教师;事实上在后部分,教师所有的讲授都是根据学生探究问题进度而展开的。其次,应当提高每个学生在合作探究过程中的参与度。由于学生素质差异,有些学生会因跟不上节奏而放弃参与。因此在本文案例教学方案设计中均明确了给学生独立思考的时间,且将自己的思考结果写在纸上,然后才开展小组讨论。这样学生既进行了独立思考,又能充分感受合作讨论的力量和自己的贡献,还能使素质较高的学生体会分享的价值与快乐。最后,教师把握引导、助力的时机也很重要,教师的讲解和提醒应出现且仅出现在学生探究瓶颈之处,在保证学生对问题探究的主体地位的前提下,使整个探究过程具有递推的连贯性、严密性,环环紧扣,步步为营,一气呵成,得到结论。

(四) 得出结论

合作探究得到的结论一般是粗糙的,不够严谨,亦或较为繁冗,是一个知识点的雏形,最终结论的表述应当准确和简洁。而且最终结论必然含有新的概念和知识点,其表述要有较高的科学性。对知识雏形的加工和润色这一步的工作主要由教师完成,其实与其说是加工润色,倒不如说教师将上课前就准备好的知识点在适当的时机呈现给学生。这时,学生会自觉地将自己的答案和教师的讲解加以对比,有学生意识到自己的思考结果是对的,会因此获得极大的成就感,思考问题的兴趣就会得到激发,思考能力和主动探究能力也会得到提高。当然教师也要多多鼓励部分思考不到位的学生。

总之,充分利用学生日常见闻和切身场景引出问题,能极大地激发学生的学习兴趣;教学中应重视学生的主体地位和参与度,以及教师及时、适时的引导作用;问题难度把控要到位,推理难度也应适中,要尽力避免课堂学习的枯燥无味,让学生充分享受求知的乐趣,感受科学研究的严谨。

当然,并非所有的知识点都要套用上述程式化的教学方案,应当充分考虑不同知识点的各自特点,如本文中的案例1和案例2也存在差异之处。案例1的特点在于先提出问题,然后在解答问题的过程中引出新的知识点,最后进行知识点的讲授。而案例2的特点在于先提出问题,然后讲解知识点,最后再用刚学习的知识点解答问题。案例1更强调对新知识点的探索学习,案例2则更强调对新知识点的扩展应用,而且案例2涉及的知识点覆盖面更广,既有对以前学习的知识点(如土的

三相)的回顾,也有对新知识点(如抗剪强度)的铺垫,跨度大、综合性强,有助于锻炼学生综合利用已学知识解决实际问题的能力。

四、教学实践反馈

多年来,笔者设计采用上述以兴趣培养为特色的启发引导式教学方案,为土木工程、城市地下空间工程、水利水电工程、工程管理等专业的学生讲授土力学课程,经过第一轮的探索尝试后形成了目前课程教学面貌的雏形,并在后续几轮课程实践中不断进行改进和完善。目前,除了本文两个案例外,对颗粒级配、三相比例指标、渗透性、抗剪强度、土压力等知识点的讲授均形成了类似教学方案。从课堂表现看,激发学生兴趣的效果非常显著,学生在出勤、课堂纪律、小组讨论、回答问题等方面都表现出积极性和主动性。在每一轮课堂教学效果的匿名评价中,“比较有趣”的评价占比较多,每学年末的教学效果学生评价与教学督导评价反馈结果也普遍较好。良好的教学效果在考试成绩中也有明显体现,对有较强趣味性的知识点学生普遍掌握得较好。在2018年第三届全国城市地下空间工程专业青年教师讲课比赛中,笔者以本文案例2作为主讲内容参加比赛,以第一名的成绩获得特等奖,这在一定程度上表明此教学方案和其所呈现的教学效果得到了专家同行的认可,值得进一步探索完善,如将土力学课程实验结合起来或将取得更好的效果。

五、结语

基于启发引导式教学“现象—问题—探究—结论”基本框架,设计以兴趣激发为特色的土力学课程启发引导新型教学方案。利用学生日常见闻和场景引出问题,极大地激发学生的学习兴趣;探究过程中强化学生的主体地位和参与度,突出教师的适时引导作用;总结环节体现知识探求的严谨性和科学性。新教学方案有效避免了课堂学习的枯燥无味,让学生在充分享受探索求知乐趣的同时,深入理解并准确掌握知识点。学生课堂表现、考试成绩、学生评价及同行专家评价等反馈结果均表明,启发引导式教学方案在调动学生学习兴趣方面成效显著,同时也有利于提高学生综合运用所学知识解决实际问题的能力。

参考文献:

- [1] 梁本亮. 土木工程专业核心课程的教学方法研究[J]. 高等工程教育研究, 2016(2): 189-192.
- [2] 金亮星, 郑国勇. 基于土木工程专业创新型人才培养的土力学课程教学改革与实践[J]. 高等建筑教育, 2019, 28(2): 53-57.
- [3] 袁立群, 崔诗才, 赵庆双. 新工科背景下力学案例教学研究[J]. 高等建筑教育, 2019, 28(2): 58-62.
- [4] 高文华, 万文, 陈秋南, 阳生权, 贺建清. 《土力学》课程教学改革与实践[J]. 高等教育研究学报, 2007, 30(4): 50-51.
- [5] 姚笑青. 土力学课程特点与课堂教学方法探讨[J]. 高等建筑教育, 2007, 16(4): 81-85.
- [6] 王伟, 陶菲菲, 卢廷浩, 白文辉. 启发式教学在土力学教学中的应用[J]. 高等建筑教育, 2008, 17(5): 83-86.
- [7] 唐洪祥, 宋春红. 启发式与引导式教学模式的探索与实践——以土力学课程教学为例[J]. 高等建筑教育, 2017, 26(1): 96-98.
- [8] 李广信. 岩土工程50讲: 岩坛漫话[M]. 2版. 北京: 人民交通出版社, 2010.
- [9] 叶志明, 宋少沪, 汪德江, 徐旭, 姚文娟, 陈伶俐, 刘绍峰, 彭妙娟, 朱杰江. 把教的创造性留给老师 把学的主动权还给学生——“土木工程概论”国家精品课程建设的体会[J]. 中国大学教学, 2006(8): 8-9.

- [10] 邹赐岚, 吴国雄. 践行茅以升工程教育思想培养土木工程专业卓越人才[J]. 中国大学教学, 2014(5):40-43.
- [11] 刘松玉. 土力学[M]. 4版. 北京: 中国建筑工业出版社, 2016.

Teaching reform of soil mechanics based on interest arousing

LI Weiteng, WU Yankai, WANG Lai, WANG Gang, ZHAO Jingwei

(College of Civil Engineering and Architecture, Shandong University of Science and
Technology, Qingdao 266590, Shandong, P. R. China)

Abstract: The teaching content of soil mechanics is rather dull which can easily hurt the students' learning enthusiasm and influence the teaching effect. In this regard the interesting points in course content of soil mechanics were explored. Based on the basic framework of heuristic guidance teaching method a new teaching scheme of soil mechanics characteristics in interest stimulation was designed. Students' daily experience and personal scenes are used to arouse their interest. The students' subjective status and participation is highlighted and the teachers' timely guiding role is emphasized which let students fully enjoy the fun of seeking knowledge while feeling the rigor of scientific knowledge. The implementation process of the new teaching scheme was introduced, the principle and experience of the scheme designation were analyzed, and this teaching reform was made finally based on the feedback of teaching practice.

Key words: soil mechanics; course teaching; interest teaching; inspiration and guidance; teaching reform

(责任编辑 王 宣)