

doi:10.11835/j.issn.1005-2909.2021.06.001

欢迎按以下格式引用:于玉贞,张丙印. MOOC和雨课堂混合式教学实践——以土力学和高等土力学课程为例[J]. 高等建筑教育, 2021, 30(6):01-07.

# MOOC 和雨课堂混合式教学实践

## ——以土力学和高等土力学课程为例

于玉贞,张丙印

(清华大学 土木水利学院,北京 100084)

**摘要:**清华大学土力学课程组针对土木水利大类培养新模式,构建了基于混合式教学的土力学课程和高等土力学课程教学体系,设计和制作了多种不同课堂模式的基于混合式教学和雨课堂的教案,重点介绍了基于 MOOC/SPOC 和雨课堂的混合式教学模式及其实践。与传统教学模式相比,混合式教学模式增加了学生预习的时间,减少了课后复习和做作业的时间,总的学习时间保持不变。研讨时间的增加可帮助学生深入理解关键内容,严格执行上述步骤,学习效果改善明显。混合式教学方法积累的经验在疫情期间的远程授课中发挥了重要作用。

**关键词:**MOOC;雨课堂;混合式教学;土力学;高等土力学

**中图分类号:**TU43;G642

**文献标志码:**A

**文章编号:**1005-2909(2021)06-0001-07

近年来,社会飞速发展,专业、培养方案、课程体系、教学大纲、教学手段、教学模式都随着时代的进步和科技的发展发生了深刻的变化。在变化如此剧烈的时代,不变的是大家对教学质量和教学效果的孜孜追求。为此,教育工作者探索了许多行之有效的教学新模式。其中,依托慕课资源开展的混合式教学,是对传统课堂教学方法、教师培训方法和学生学习方法的一场革命<sup>[1-3]</sup>。

与传统的以教师讲授为主的教学模式相比,基于 MOOC/SPOC 的混合式教学有利于提高学生的自主学习自律性、学习效率、专注度和团队合作能力。其中,课堂环节主要以师生互动讨论为主,强化知识应用和能力训练,以此倒逼学生在课前完成对知识的理解和记忆,快速适应线下实体课堂教学。土力学相关课程内容抽象、涉及多个学科,实践性强、知识层次多、考核难度大,传统的教学方法存在直观展示难、课程时间紧、理解不够深入等问题,混合式教学是解决这些问题的有效手段<sup>[4]</sup>。

文章以清华大学本科生课程土力学和研究生课程高等土力学为例,介绍基于 MOOC 和雨课堂

修回日期:2021-07-16

基金项目:清华大学本科教学改革项目(DX02-09)

作者简介:于玉贞(1966—),男,清华大学土木水利学院水利水电工程系教授,博士,主要从事岩土工程研究,(E-mail) yuyuzhen@tsinghua.edu.cn;张丙印(1963—),男,清华大学土木水利学院水利水电工程系教授,博士,主要从事岩土工程研究,(E-mail) byzhang@tsinghua.edu.cn。

的混合式教学模式。

## 一、混合式教学简介

基于 MOOC 和雨课堂的混合式教学模式授课形式主要有两种。一是传统课堂教学结合雨课堂的混合式教学。对于大部分教学内容,仍然以传统的基于教师课堂讲授的教学方式为主,讲课过程中对于部分教学内容,可提前让学生课前采用 MOOC 自学,课堂上通过雨课堂检验学习效果。二是 MOOC 或 SPOC 结合雨课堂的混合式教学。让学生课前通过 MOOC 平台自学所有的教学内容,课堂上不讲新内容,而是采用雨课堂的方式与学生充分互动,检验学习效果,加深对教学内容的理解消化。

从 2018 年秋开始,清华大学土力学教学组每年均开设了一个基于雨课堂的混合式土力学教学班,学生人数限制在 20 人左右,并配备专用讨论教室。课前,教师通过教务系统对学生的学习成绩进行充分了解,特别是力学和数学相关课程,还要通过辅导员系统了解学生的性格和学习状态,然后对学生进行分组,每组 4~5 人。文中主要介绍 MOOC/SPOC 结合雨课堂的混合式教学模式,其教学步骤:(1)注册/登录学堂在线土力学 MOOC 课程或高等土力学 MOOC 课程;(2)课前线上学习土力学 MOOC 或高等土力学 MOOC 教学内容;(3)采用研讨和讲解相结合的方式进行课堂学习;(4)学生课内或课后完成教师布置的作业,并鼓励学生教师的讲课或教材内容大胆质疑。

## 二、基于 MOOC/SPOC 和雨课堂的混合式教学设计

### (一) 过程设计

理想的混合式教学师生互动频繁、学生思维活跃,因而比传统的教学课堂难以掌控。教师要对混合式教学过程进行精心设计、适当预估,设定好教学目标和教学各环节的先后顺序。

#### 1. 课前预习

要求学生务必进入学堂在线或雨课堂 SPOC 系统,在线上预习教师指定的土力学 MOOC 或高等土力学 MOOC 课程内容,必要的时候可参考相应的教材<sup>[6-7]</sup>。教师或助教要掌握学生的预习进度,并进行必要的提醒。建议学生在预习过程中将遇到的问题记录下来并发给教师,教师在课堂集中解答或者通过其他方式答疑。

#### 2. 开章总览

在新的一章开始时,用 3 分钟左右的时间提纲挈领地说明本章目的、本章特点、学习要点以及主要难点。以土力学课程第四章“土的变形特性与地基沉降计算”为例,本章的学习目的:了解土的压缩变形特性,掌握地基沉降量以及随时间变化过程的计算方法。本章的特点:有一些较严格的理论,同时有较多经验性假设和公式。学习方法要点:强调重要概念的物理意义以及主要理论在实际工程中的灵活应用,抓住一维压缩问题这一主线,转变思维方式,对复杂的工程问题进行合理简化。主要难点:应力历史及先期固结压力、不同条件下的总沉降量计算、渗流固结理论及参数。

#### 3. 场景互动

以开课伊始的“围观土”为例说明场景互动的具体内涵,即通过观摩、交流、讨论、点评的方式帮助学生认识“土”。

第一次课前,通知每人带一份土到课堂上,要求用透明容器盛装。学生把带来的土集中摆在一

张大桌子上供大家“围观”。在充分观摩讨论的基础上,教师进行总结和点评,让学生初步感受土的天然性、三相性和碎散性。通过演示说明土的变形特性、强度特性和渗透特性,再进一步讨论,使学生将土的力学特性和土的特点自然联系起来。

#### 4. 做题和讨论

在此环节,教师综合大家反馈的问题集中解惑释疑。学生可根据自己的体会讲解对相关问题的理解。通过做题、讨论,消化重点、难点和疑点问题。

#### 5. 分组竞技

这类活动按组计分,充分利用学生看重集体荣誉、不甘示弱的心里,激发学生的积极性,提高学习效率。具体形式包括分组做题、组间辩论等。在此环节,通过学生互评、老师点评,澄清对一些关键问题的认识误区。

图 1 给出了针对土的物性指标而设计的课堂习题分组计分案例,图中省略了“3、孔隙含量的指标”“4、含水程度的指标”“5、土的重度的指标”。土的物性指标体系具有物理量多、关系复杂、属性多(名称、符号、表达式、常用单位、常见取值范围)等特点,使得初学者难以牢记和灵活应用。

2020年秋季学期《土力学》·课堂讨论·第二周。

答题者记号: ..... (仅自己认识即可,如小精灵、哪吒、东北王、~@#%&等)。

答题者所在组别: ..... 校核者所在组别: .....

答题顺序: (1) 每人在 20 分钟以内用黑字或蓝字完成如下填空,可以查阅资料,但不能讨论; (2) 组长将本组答题纸收齐传给下一组组长 1→2→3→4→1; (3) 组长组织本组同学校核前一组的答题,可以讨论,但不能查阅资料,在 10 分钟以内将自己认为错误或未填的空用红字修改补充; (4) 组长将校核后的答题纸收齐交给助教。

评分规则: (1) 填对一个空得 1 分; (2) 修改或补充正确一个空得 1 分,修改错扣一分; (3) 助教求出每组的平均分然后排序。

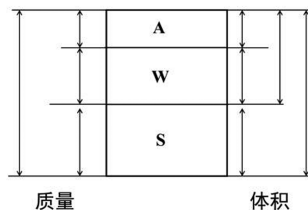
本课程中所有计算重力加速度均取:  $g = -10 \text{ m/s}^2$ 。

#### 1、关于右图所示的三相草图完成填空。

(1) 图中的三个英文字母 A、W、S 分别是英文单词.....、.....、.....的缩写。

(2) 请将  $V$ 、 $V_v$ 、 $V_s$ 、 $V_a$ 、 $V_w$ 、 $m_s$ 、 $m_w$ 、 $m_a$ 、 $m$  填入相应的位置。

(3) 物性指标是上述各量之间的.....关系,所以在用三相草图法求解物性指标时可以假设任一参量为单位 1。



#### 2、室内测定的三个物性指标。

名称	符号	表达式	常用单位	常见取值范围
				黏性土.....; 砂土.....

#### 3、孔隙含量的指标。

名称	符号	表达式	常用单位	常见取值范围

图 1 分组评分题:土的物性指标

通过完成该项作业,在有限的时间内,学生学习一遍、填空一遍、批改一遍、自阅一遍、作业一遍,每一步都要小心谨慎。结合三相草图和物理状态的练习,达到快速学习、牢固掌握、灵活应用的

目标。

## 6. 奖励督促

对于积极参加讨论、成绩优秀的学生,通过课堂红包、阶段发奖等方式加以鼓励。对于预警学生,通过个别提醒、共餐交流等方式,帮助学生找差距、查原因、寻对策。

## (二) 题目设计

题目设计是混合式教学中一项艰辛的工作。一般流程为一位教师初步设计、另一位教师校核、助教试做、课程组讨论、课堂应用、学生反馈、再次修改,如此迭代进行。为达到不同的教学目的,所设计的题目也具有不同的特点,体现分层次、设类型。题目层次包括:一般检测、深入理解、灵活运用。题目类型包括:填空题、判断题、单选题、多选题、讨论题、投票题、计算题。课堂操作方式包括:教师出题学生统一答题、教师对学生随机提问,等等。

### 1. 一般检测层面的多选题/填空题

这类题目的目的是检测学生是否按要求学习教师指定的 MOOC 内容并掌握最基本的概念,其特点是简单、覆盖面广。图 2 是一道关于土的抗剪强度机理的多选题。图 3 是一道关于土中渗流规律的填空题。凡是预习了指定 MOOC 内容并基本掌握的学生,正确率约 90%。在这类题目设计时,应覆盖绝大部分的教学内容。

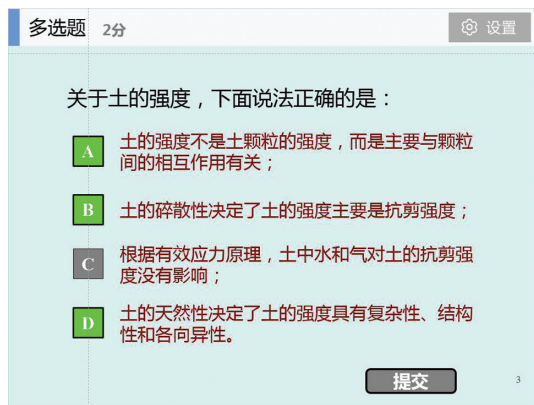


图 2 一般检测的多选题:土的抗剪强度机理

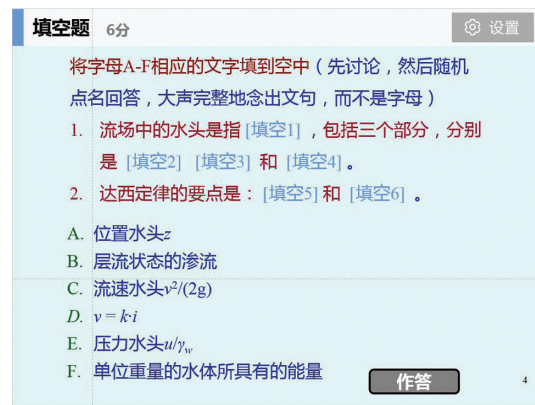


图 3 一般检测的填空题:土中渗流规律

### 2. 深入理解层面的填空题/讨论题

这类题目的目的是促使学生在理解基本概念、原理和方法的基础上,能够对教学的难点进行深入思考,其特点是难度适中、重点突出。

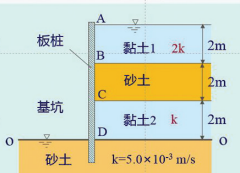
图 4 是一道关于渗流条件下地基中应力分布的填空题。该题实际上是以填空题形式出现的计算题,填空的顺序也是一般的做题思路。需要深入思考的是一维渗流水头损失的分配比例,用到的基本理论是达西定律和伯努利方程,同时要考虑实际工程中的合理简化,即渗透系数非常大的粗粒土层中的水头损失可以忽略。最后一步是利用有效应力原理计算出总应力。

图 5 是一道高等土力学中关于有效应力原理运用的讨论题。需要深入思考的问题是太沙基有效应力原理和 Skempton 孔压公式的适用条件。对于土来讲,从微观层面看,颗粒间的接触属于点点接触,实际接触面积相对孔隙面积从工程意义的角度可以忽略不计。对于该题所涉及的多孔金属

材料,金属材料之间的连接不能视为点点接触,任一断面上金属材料的面积相对于空隙不能忽略不计,所以太沙基有效应力原理和 Skempton 孔压公式不适用于这种材料。

**填空题** 9分

图示的基坑稳定渗流,已知黏土1的渗透系数为黏土2的2倍。各种土的饱和重度均为 $20\text{kN/m}^3$ 。取图中的o-o为基准面,请完成如下填空(均为整数):



1) 总水头: A [填空1]、B [填空2]、C [填空3] m;

2) 孔压: B [填空4]、C [填空5]、D [填空6] kPa;

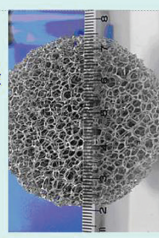
3) 有效应力: B [填空7]、C [填空8]、D [填空9] kPa。

作答

图4 深入理解的填空题:渗流条件下的应力分布

**讨论题**

多孔金属材料,即金属内部弥散分布着大量的有方向性的或随机的孔洞,这些孔洞的直径约 $2\mu\text{m} \sim 3\text{mm}$ 之间。由于对孔洞的设计要求不同,孔洞可以是泡沫型的,藕状型的,蜂窝型的等等。多孔金属材料还可以根据其孔洞的形态可以分为独立孔洞型的和连续孔洞型的两大类。多孔金属材料被广泛应用于航空航天、交通运输、建筑工程、机械工程、电化学工程、环境保护工程等领域。



太沙基有效应力原理和Skempton孔压公式适用于多孔金属材料吗?

作答

图5 深入理解的讨论题:有效应力原理的应用

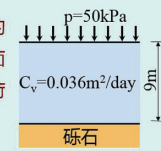
### 3. 灵活运用层面的计算题/填空题

这类题的目的是帮助学生灵活运用基本概念、理论和方法解决较复杂的问题,其特点是难度较大,往往不能直接套公式得出答案。

图6给出的题目涉及固结度的计算,需要根据固结度、固结系数和时间因数的计算公式,搞清各个量之间的关系,尤其是各个量对固结度影响的定量关系,要用到比例关系消除未知参数,表面上看起来是雕虫小技,实际反映了学生对基本概念和方法的理解和灵活运用程度。

**例题2: 方法讨论 固结度计算法**

土力学老师老土先生给同学们出了如下的题目:如图,饱和黏性土层顶部排水,底面为砾石层。地表面瞬时施加一大面积均匀荷载,求60天时的固结度。



马大虎同学认为是单面排水,并把厚度9m看成了6m,把荷载50 kPa看成了60 kPa,把时间60天看成了50天。计算得固结度为 $U=0.284$ 。对照公式反复确认无误。正沾沾自喜时,发现看错了若干条件,顿时心慌手抖,一颗饱满的汗珠正好滴在 $C_v$ 数值上,使其变得模糊不清。正确的结果是多少呢?

注:题中名字纯属杜撰,没有影射任何同学,请不要多想。

作答

图6 灵活运用的讨论题:固结度的计算

**填空题** 4分

由常规三轴压缩试验测得某砂土的内摩擦角 $\varphi=30^\circ$ ,根据广义米泽斯强度理论( $\sqrt{J_2}=k_t I_1$ ),破坏时 $M_c=q/p$ 为[填空1],根据广义特雷斯卡强度理论( $\sigma_1-\sigma_3=k_t I_1$ ),破坏时 $M_c=q/p$ 为[填空2]。

对同样的砂土,由上述试验结果求取参数,预测常规三轴伸长试验( $\sigma_1=\sigma_2 \geq \sigma_3$ )的结果,根据广义米泽斯强度理论( $\sqrt{J_2}=k_t I_1$ ),破坏时 $M_c=q/p$ 为[填空3];根据广义特雷斯卡强度理论( $\sigma_1-\sigma_3=k_t I_1$ ),破坏时 $M_c=q/p$ 为[填空4]。

(以上结果均保留一位小数)

作答

图7 灵活运用的填空题:土的抗剪强度理论的应用

图7给出的题目涉及强度理论参数的计算,需要学生掌握各种强度理论的特点和适用条件,如果能想象各种强度准则在空间中的形状,则更容易理解强度理论的本质。就本题而言,如果把各种试验的应力状态与上述要素结合起来,就能更好地运用各种强度理论求解。

## 三、混合式教学效果评价

在客观评价方面,以2020年秋土力学期中考试成绩为例进行比较说明。2020年秋,清华大学针对土木和水利专业开设了5个教学内容完全相同的土力学教学班,在期中考试前采用了明显不同的教学方式,期中考试试卷、评分标准、批改方式完全相同,因而期中考试成绩具有可比性。表1

给出了相关信息,其中普通1班和普通2班采用教师讲、学生听的传统教学方式;普混1班和普混2班是在传统教学方式中融入了基于雨课堂的习题测试,与普混1班相比,普混2班有部分内容选择让学生预习MOOC,然后以课堂习题讨论的方式进行巩固。混合式教学班则对所有教学内容采取让学生课前通过MOOC自学,课上完全采用雨课堂的方式做题、讨论。从平均分可以看出,随着混合程度的提高,平均成绩逐渐增加,这反映出混合式教学可明显提高教学效果。

表1 不同教学方式学习效果比较

教学班	普通1班	普通2班	普混1班	普混2班	混合式
人数/人	31	26	33	24	17
平均成绩/分	65.3	72.6	76.4	78.3	86.0

与传统的教学方式相比,混合式教学增加了预习的时间,但大大减少了课后复习和做作业的时间,总的学习时间保持不变。大量的研讨可帮助学生深入理解教学中的关键内容,明显改善学习效果。对于学生提出的不同意见教师应给予鼓励,对于一些有创意的质疑,教师要乐于接受,并勇于承认自己的收获。反馈显示,混合式教学方式教学效果整体良好,超出预期。很多学生表示,通过这样的培养,自己的交流沟通能力有所提高、发言的信心和胆量有所增强、质疑精神和表达的条理性明显进步。此外,混合式教学方法积累的经验在疫情期间的远程授课中发挥了重要的作用<sup>[8]</sup>。

基于MOOC/SPOC和雨课堂的混合式教学存在的不足:在课程教学过程设计时,教师和助教的工作量大大增加;对自制力差的学生,课前预习不充分则会造成对知识掌握的系统性不够,课堂讨论效果欠佳。因此,要明确要求学生自觉地、认真地进行课前预习。课程结束后的调查表明,学生的收获感呈两极分化的特点:凡是严格按上述要求完成学习的学生都反映学习成效高于预期;而没有认真预习的学生,自以为节省了时间,但最后成效低于预期,考试成绩不理想。

## 四、结语

清华大学土力学课程组针对土木、水利和海洋大类培养新模式,构建了基于混合式教学的土力学和高等土力学课程教学体系,设计和制作了多种不同课堂模式的基于混合式教学和雨课堂的教案。然而,基于MOOC/SPOC和雨课堂的混合式教学目前还处于起步和尝试阶段,虽然取得了一些成效,但还需进一步检验和完善。保证课前MOOC预习的质量是保证教学效果的基础,设计好教学过程和讨论题目是保证效果的关键。

### 参考文献:

- [1] 燕乐纬,梁颖晶,王菁菁,等.“MOOC+翻转课堂”模式在理论力学课程教学中的实践与分析[J].高等建筑教育,2021,30(3):114-119.
- [2] 于歆杰.论混合式教学的六大关系[J].中国大学教学,2019(5):14-18;28.
- [3] 李文杰,林青山,廖新雪.对应用型本科教学中翻转课堂的思考[J].高等建筑教育,2018,27(5):109-113.
- [4] 何欣忆,张小洪,罗仕建,赵明达.基于SPOC的混合式翻转课堂模式探索[J].高等建筑教育,2019,28(3):137-143.
- [5] 陈志雄,卢黎,卢凉.土力学基于慕课的翻转课堂教学模式探析[J].高等建筑教育,2018,27(2):64-67.

- [6] 李广信,张丙印,于玉贞. 土力学[M]. 2版. 北京: 清华大学出版社,2013.
- [7] 李广信. 高等土力学[M]. 2版. 北京: 清华大学出版社,2016.
- [8] 张丙印,于玉贞. 在线课堂的过程控制与教学效果分析[J]. 高等工程教育研究,2020(5):194-198.

## Teaching practice of MOOC and rain classroom: Taking soil mechanics and advanced soil mechanics as an example

YU Yuzhen, ZHANG Bingyin

(*School of Civil Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, P. R. China*)

**Abstract:** In view of the new cultivation mode of civil engineering and hydraulic engineering, the soil mechanics course group of Tsinghua University has constructed the teaching system of soil mechanics and advanced soil mechanics based on blended teaching, and designed and produced a variety of teaching plans based on blended teaching and rain classroom in different classroom modes. Emphasis will be placed on blended teaching mode and practice based on MOOC/SPOC and rain classroom. Compared with the traditional teaching method, the blended teaching method increases the time for preview, but greatly reduces the time for reviewing and doing homework after class, so the total learning time will not increase. Because it greatly increases the time of discussion and helps students to understand the key points in depth, the above steps, if strictly followed, can significantly improve the learning effects. The experience gained from blended teaching methods also played a big role in the remote teaching process during the epidemic.

**Key words:** MOOC; rain classroom; blended teaching; soil mechanics; advanced soil mechanics

(责任编辑 梁远华)