

doi:10.11835/j.issn.1005-2909.2017.02.011

欢迎按以下格式引用:蒋金洋,刘志勇,余伟.多尺度分析方法在土木工程材料教学中的探索与实践[J].高等建筑教育,2017,26(2):044-046.

多尺度分析方法在土木工程材料教学中的探索与实践

蒋金洋¹,刘志勇²,余伟¹

(1.东南大学材料科学与工程学院,江苏南京 211189;2.中国矿业大学力学与建筑工程学院,江苏徐州 221116)

摘要:土木工程材料课程是一门重要的专业基础课,其内容庞杂、知识体系更新速度快、知识点相互联系紧密且每章节独立性较强,学生对学科的感性认识差,理论与实践差异大。探索了一种基于多尺度理论的教学方法,从改革理论教学和实验教学出发,力求使土木工程材料课程教学更加形象具体化,使学生从科学思维的角度去理解众多土木工程材料的内在联系。

关键词:土木工程材料;专业基础;理论;实验;多尺度教学

中图分类号:G642.0;TU50-4

文献标志码:A

文章编号:1005-2909(2017)02-0044-03

土木工程材料科学是土建类专业开设的一门专业基础课,其教学目标一方面体现在为后续专业课的学习提供相关的基础知识,使学生掌握从事实际工作所必须的基本知识和技能;另一方面还要为培养具有将新材料应用到土木工程中的工程创新型人才奠定基础^[1]。但在土木工程材料课程教学实践中,学生普遍反映课程知识点庞杂,学习吃力。

文章从课程教学出发,以改善教学方法,提高教学效率为目的,探索出一种多尺度教学方法,尝试用多尺度分析方法论从一个全新的角度去分析课程,优化课堂教学内容,使整个教学内容更加具有层次性和条理性。

一、多尺度理论

多尺度科学是一门研究不同长度尺度或时间尺度相互耦合现象的跨学科科学,是复杂系统重要分支之一,具有丰富的科学内涵和研究价值^[2]。多尺度现象是存在于客观世界所固有的普遍现象,受助于数学、物理学、化学、材料科学等各领域科学家的共同努力,多尺度现象越来越多地受到关注与重视,已涵盖介观、微观和宏观等多个物理、力学及其耦合领域,其具体的研究方法是考虑空间和时间跨尺度和跨层次特征,将相关尺度耦合,过滤出有用的微观信息。多尺度研究方法也是理解各种复杂的材料科学和工程问题的重要方法和技术。

在自然界和工程实践中,许多现象和过程都具有多尺度特征或多尺度效应。目前多尺度理论及研究方法主要应用于数学、物理学、化学、生物学等理

收稿日期:2016-11-07

作者简介:蒋金洋(1974-),男,东南大学材料与工程学院研究员,博士,主要从事土木工程材料研究,
(E-mail)jinyangjiang@163.com。

工科研究领域,为认识事物本质提供了良好的方法。比如郑晓霞等人运用多尺度方法研究了纤维在增强复合材料弹性、黏弹性、塑性、失效退化、热力学等力学性能中的进展^[3]。对比在自然科学方面的成熟运用,多尺度理论在教学方面鲜有研究。

二、土木工程材料课程中的多尺度理论

土木工程材料属于材料课程。材料按照尺度从小到大依次为量子尺度,原子和分子尺度,微米尺度和毫米尺度。每个尺度所需要的知识组成体系不相同,如量子尺度需要用到量子力学的知识,原子和分子尺度需要分子动力学的知识,微米尺度的材料结构需要涉及缺陷动力学和结构动力学的知识,毫米尺度的宏观性能尺度需要连续介质力学的知识。由此可见,整个材料课程的体系是非常复杂的,从小到大大包含不同的学科,它们依次为量子化学,固体物理,材料科学,材料工程(图1)。

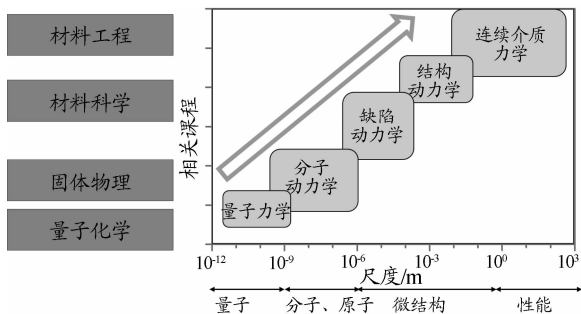


图1 材料课程的多尺度划分

土木工程材料课程内容多以叙述为主,课程涵盖的材料种类繁多。课程中教材内容涉及的概念多,专业术语多,各章节介绍的不同材料之间逻辑性较差,对学生的机械记忆能力要求较高^[4],多数学生会感到土木工程材料课程具有无条理、无重点、不系统的特点。在教学过程中,如何使学生理清课程中相关内容之间的联系,使其能够准确把握课程中的重点难点,是教师在教学中工作的重点,也是决定教学质量的关键因素。

在认识到土木工程材料课程所具有的特点后,基于多尺度理论的观点分析土木工程材料课程。首先,应该认识到所有材料的物理、化学及力学性能,都是由组成其整体的各材料性能的综合表现,而各种组成成分的物理、化学及力学性能又是由其内部微观性能所决定的。其次,作为一门基础专业课,土木工程材料课程关系到后续课程的学习,因此在教学过程中须注意与其它学科的关联。最后,教师在课程授课时,建立完整的多尺度授课内容,形成“小步子”教学,循循善诱,将多尺度分析方法的思维传授给学生,使其能够在以后的学习生活中运用多尺度分析方法思考科学难题,解决工程实际问题。

三、多尺度分析方法在教学中的应用

土木工程材料课程的学习分为以课堂学习为主的理论知识学习和以培养学生实践动手能力为主的

实践能力训练。做好理论教学和实验教学是提高土木工程材料课程教学的主要任务。依据多尺度理论,从改革理论教学和实验教学两方面出发,力求使土木工程材料课程教学更加形象具体化,使学生更容易理解。

(一)多尺度方法在理论教学中的应用

土木工程材料课程概念和经验性内容多,传统的授课方式偏重于课程内容的叙述,多数从宏观的角度灌输给学生,并未从介观、纵观、微观等多个角度去认识材料,导致学生只是模糊地掌握了一些概念,对材料的认识只停留在浅显的表面,不能真正由表及里,探其究竟,更无法激起学生的学习兴趣。

人类对新事物的认识要经历从点到面、由小到大的多尺度过程。对于新材料的认知我们应该从多尺度出发,多角度、多方面、多层次研究各种材料的性能及影响因素,架构新的教学理念与方式,使这门学科更加具有探究性,知识体系更具层次性和条理性,因此在学习该课程时不能只从宏观角度去感知,还应从材料内部入手,逐渐拓展至宏观结构。

如:在进行水泥基材料相关章节的授课时,要从材料各组分内部微结构出发,按照多尺度研究方法,将水泥基复合材料划分为四种尺度水平(图2),在此基础上,分别在各个尺度上分析其所具有的物理化学及力学性能,最后演绎至水泥基材料的性能研究。在讲课过程中可以从宏观角度介绍工程实例,给学生形象直观的认识,引发学生思考,再从微观角度剖析讲解其本质。认识宏观结构之后,再从其实体上取微观单元研究,可以从实际环境因素和外部荷载等因素共同作用下细化材料的微结构及多尺度,建立每一尺度下的理想模型,图2将混凝土划分为4个尺度:(1)由集料、水泥浆体和钢筋组成的钢筋混凝土微单元;(2)由未水化水泥颗粒、水化产物以及ITZ组成的水泥浆体微单元;(3)由C-S-H凝胶、CH晶体、孔等组成的水化产物单元;(4)C-S-H凝胶晶粒和凝胶孔。让学生思考材料的微观状态与宏观状态的关系,混凝土细观上的组成是如何影响其结构性能的,这样也更能激发学生的兴趣和创造性思维,有利于培养学生良好的学习习惯。

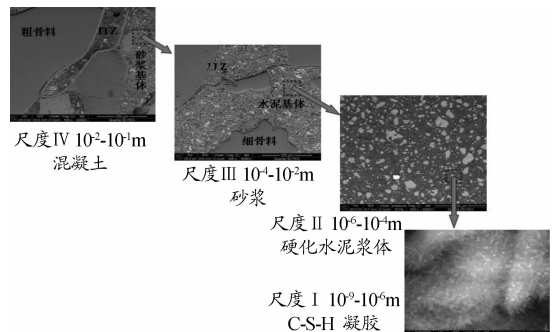


图2 水泥材料微结构划分

从多尺度研究角度可以发现,水泥基材料是由多相组成的,是一种相当复杂的复合材料,为了让学

生更好地从微观角度理解材料的宏观性能,可以采用多尺度方法研究材料性能,利用这些方法从微观角度讲解水泥浆体中毛细孔和凝胶孔在饱和和非饱和状态下的传输性能,介绍 C-S-H 在微观尺度上的几何形态以及具有的各种性能,在此基础上推断水泥净浆材料应该具有的性能,然后对比材料性能找出差距,分析其实际性能与推断结果的差异。以此类推,逐渐扩展至混凝土材料,层层递进,最后演绎为水泥基材料的性能探讨。

(二) 多尺度教学方法在实验教学中应用

传统实验教学按指导书照本宣科,学生被动接受,扼杀了学习积极性,同时受课时的影响,实验课只做到了解基本实验过程和操作方法,无法深入探究材料具有的性能,进行探究创新性实验。运用多尺度教学分析理论,在进行实验教学时要注意优化实验课内容,在大纲要求的实验基础之上可适当开展拓展性实验,还可以基于多尺度的教学方法进行自主设计创新性实验,使用各种先进设备,对实验进行改革和创新。探索创新性实验是结合土木工程材料教材内容和大学生的学习能力,精心进行实验教学设计,营造出特定的实验条件和环境,供大学生学习的一种实际操作。将多尺度教学方法融入到探索性实验教学中有助于培养学生深刻思考问题的能力 & 创新意识。大学生在实验中观察材料形态、理解概念,有效开发了智力,培养了学生探索、分析、归纳的综合能力。

例如:工程中混凝土强度的设计以其抗弯强度为依据,让学生观察已测得抗弯强度的失效混凝土试件,寻找试件失效位置,引导学生从微观角度考虑水泥石强度、集料性质,以及水泥石与集料接触层的粘结力是如何影响混凝土的抗弯强度。水泥石是水泥加水后水化的产物,它与水泥本身的强度、水灰比有关,而水灰比影响净浆试件的内部微结构,在实验保持其他条件不变的情况下,用不同水灰比来比较

其内部密度和孔隙率的变化,从而观察混凝土强度的变化。混凝土的强度和耐久性与集料的种类、形状、大小和性质有关,在实验时确保其他条件不变,观察不同的集料对混凝土抗弯强度的影响,通过让学生添加不同的添加物来改变骨料颗粒的大小,进而观察强度的变化。水泥石与集料周围的粘结力是混凝土中强度最薄弱区域,这与水泥水化后凝胶浓度、粘度以及结晶后粒径大小、形状和晶体的排列有关,可以通过观察这些晶体和凝胶层包裹集料的厚度对裂缝的影响来观察裂缝内部的变化。

四、结语

针对传统教学在土木工程材料课程授课时存在的弊端,结合多尺度理论及方法,利用多尺度研究方法在材料和实验方面已经取得的研究成果,建立了一种多尺度教学方法,旨在加强大学生对理论知识的学习,强化该课程的重点,同时兼顾教学的深度和广度,力求使学生从本质上了解材料的性能,培养学生主动学习的习惯及创新意识,养成独立解决问题的能力,从而提高教学质量,为社会建设培养高素质工程技术人才。鉴于土木材料课程改革的难度,考虑相关教学软硬件的不断更新,文章提出的多尺度教学方法为其提供了一种新的改革思路,拓展了土木工程材料课程的教学体系。

参考文献:

- [1] 张利,刘永,苏胜,等. 素质教育背景下的土木工程材料教学体系的构建[J]. 高等建筑教育,2007,16(1):61-3.
- [2] GLIMM J, SHARP D H. MULTISCALE SCIENCE: A CHALLENGE FOR THE TWENTY - FIRST CENTURY [J]. Advances in Mechanics, 1998.
- [3] 郑晓霞,郑锡涛,缙林虎. 多尺度方法在复合材料力学分析中的研究进展 [J]. 力学进展, 2010, 40(1): 41-56.
- [4] 谢振国. 土木工程材料课程课堂教学方法探讨[J]. 高等建筑教育,2009(03):78-80.

Exploration and practice of multi-scale analysis of civil engineering materials teaching

JIANG Jinyang¹, LIU Zhiyong², SHE Wei¹

(1. School of Materials Science and Engineering, Southeast University, Nanjing 211189, P. R. China;

2. School of Mechanics and Civil Engineering, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221116, P. R. China)

Abstract: The course of civil engineering materials is an important professional basic course and has the content of complex as well as fast update of knowledge system. The knowledge points are closely linked and the independent of each chapter is strong. However, the perceptual knowledge of students is poor, theory and practice have a big difference. This paper explores a teaching method based on multi-scale theory. From the aspects of reforming theory teaching and experiment teaching, we try to make the teaching for civil engineering materials more visualization, so that students can understand the internal relations of many civil engineering materials from the view of scientific thinking.

Keywords: civil engineering materials; professional basis; theory; experiment; multi-scale teaching

(编辑 梁远华)