

# 面向应用的“材料分析测试”课程案例式教学改革

余金山, 刘东青, 李良军, 王洪磊, 周新贵  
(国防科技大学 空天科学学院, 湖南 长沙 410073)

**摘要:**“材料分析测试”技术是材料研究领域重要的研究方法和手段,“材料分析测试”课程是材料工程本科专业的一门学科基础必修课程。本文分析了国防科技大学“材料分析测试”课程现状,提出了面向应用的案例式教学改革设想,介绍了面向应用的材料学科案例收集和制作、以及课堂施教与教学效果。通过面向应用的案例式教学方法改革,有望进一步提高教学效果,促进学员对材料学科基本原理的理解,增强学员动手能力,为学员创新能力和综合素质的提高发挥重要作用。

**关键词:** 材料分析测试; 面向应用; 案例式教学; 教学改革

**中图分类号:** G642 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-8874(2020)03-0104-05

## Innovation of Application-oriented Case Teaching in the Course of “Material Testing and Analysis”

YU Jin-shan, LIU Dong-qing, LI Lian-jun, WANG Hong-lei, ZHOU Xin-gui  
(College of Aerospace Science and Engineering, National University of Defense Technology, Changsha 410073, China)

**Abstract:** “Material testing and analysis” technology is an important research method in the field of materials research. The course of “material testing and analysis” is a required subject for materials science and engineering undergraduates. In this paper, the current situation of the “materials testing and analysis” course in National Defense University of Technology is analyzed. Then the innovation of application-oriented case teaching is presented. The collections and preparations of application-oriented cases in materials science are introduced as well as the classroom teaching practice and its effect. The reform of the teaching method is believed to further improve the teaching effect in that it improves students’ comprehension of basic theory in material science, and enhances their hands-on ability, creative ability and comprehensive quality.

**Key words:** material testing and analysis; application-oriented; Case Teaching; teaching reform

### 一、引言

2017年7月19日,习主席在新调整组建的国防科技大学成立大会上给学校的训词明确了学校

的发展目标是“努力建成世界一流高等教育院校”。按照这个既定的目标,国防科技大学确定了“高素质新型军事人才培养高地,国防科技自主创新高地”的发展定位,同时明确了“抓好通用专业人才和联合作战保障人才培养,加强核心关键

收稿日期: 2019-12-23

基金项目: 2018年度国防科技大学教育教学研究课题

作者简介: 余金山(1973-),男,湖南益阳人。国防科技大学空天科学学院副研究员,博士,主要从事材料分析测试研究及教学工作。

技术攻关”三项使命任务<sup>[1]</sup>。具体到材料学科,联合作战保障人才包括新概念武器和实验评估两个方向。面对学校新的使命任务,如何以能力塑造为核心培养适应新时期新形势的高科技军事人才,值得每门课程的任课教员深入思考和探讨。

材料是人类所有生产和生活的物质基础。在国防和军事领域,材料是武器装备及其性能的必要载体,支撑和引领国防科技与武器装备的发展。“一代材料,一代装备”的提法,显示了材料科学对武器装备发展的重要支撑和促进作用<sup>[2-3]</sup>。随着我军武器装备由“跟跑”“并跑”到“领跑”的跨越式发展,军用新材料技术的瓶颈效应也越来越突出。例如,高超声速飞行器、先进航空涡轮发动机和燃气轮机、新一代战机、无人作战系统等国家和军队高科技武器装备和重大型号工程对核心材料与部件提出了更轻、更强、更耐温、多功能化等更高要求。同时,材料科学在武器装备性能评估、失效分析及装备维修维护等方面同样发挥十分重要的作用。

材料科学研究的基本内容为材料的制备与处理工艺、材料的性能测试和材料微观结构的分析测试。材料科学研究的核心任务,就是研究材料的工艺、性能、结构之间相互关系。材料微观结构的分析测试是研究材料的化学组成、晶体结构、微观组织形貌及相应的分析表征方法。“材料分析测试”在材料科学研究中的重要性体现在材料微观结构对性能影响巨大,相同化学组成的材料由于制备或处理工艺不同,其性能会天差地别,原因就是不同制备和处理工艺下材料的微观结构不同<sup>[4]</sup>。另一方面,材料的失效是武器装备战斗力下降甚至丧失的重要原因,材料失效分析对武器装备性能评估及寿命预测具有基础支撑作用。材料失效分析的技术基础是材料微观结构的表征与分析。可见,“材料分析测试”课程的开设对大力推进厚基础、重实践,懂材料、会指挥的新型贴近实战、贴近装备的材料专业高科技军事人才培养具有重要作用。

## 二、“材料分析测试”课程开设现状

“材料分析测试”课程系统讲授材料科学与工程领域常用的材料微观结构、微观组织形貌以及微区化学成分等方面的分析测试原理与技术,是材料科学与工程本科专业的一门必修学科基础课

程。通过本课程内容的学习,使学员熟悉与掌握材料科学各种分析测试方法的基本原理和技术,了解分析仪器构造以及在材料研究中所能解决的实际问题,初步具有材料微观结构、微观组织形貌、微区化学成分分析的能力,为今后在先进军用材料的研发和武器装备失效分析过程中正确合理选择与综合选用恰当的分析测试方法奠定理论与实践基础<sup>[5-6]</sup>。

长期以来,“材料分析测试”课程的学习以课堂理论学习为主,配合少量实践教学环节。对于每一种“材料分析测试”方法,课堂理论学习按照分析测试原理、设备构造、样品制备、数据处理、问题与讨论的流程进行讲授和学习。由于材料专业本科生开课一般在第5或第6学期,这一阶段材料学科专业课刚开始学习,学员按照以上的学习流程虽然基本能理解与掌握本课程基本知识,学会各种分析测试方法基本原理,但对于整个材料学科知识群的理解不够透彻,“材料分析测试”方法作为一门材料学科专业基础课对学员学习材料科学基本原理的促进作用没有完全发挥出来,无法做到融会贯通。同时由于受实验条件的限制,实践教学课时占总教学课时比重较小,对提高学员动手能力作用有限。

因此,在新的历史时期面对新的历史使命,特别是国防科技大学材料学科本科生联合作战保障人才培养调整为新概念武器和实验评估两个方向,“材料分析测试”的教学方法有必要进行改革。今年以来,本科生“材料分析测试”课程的改革以案例式教学为主要改革方向,结合教学内容的优化调整、跨学科教学团队的建设、问题导向式实践教学改革等内容,进行了全面的教学改革探索性实施。

## 三、以面向应用的案例式改革为主要方向的课程教学改革

案例式教学是近年来快速发展的一种先进教学方法。案例式教学通过筛选适当的工程项目或实验实例,然后进行加工和制作,提取其中的科学问题,使之从具体问题抽象成为课程教学的案例,从案例模型出发推导出解决问题的办法。案例式教学通过将实践教学融入课堂教学,有助于培养学员创新思维,提高学员解决实际工程问题能力,实现理论教学与实践教学的完美结合<sup>[7-10]</sup>。

作为一种新型教学模式和理念,案例式教学施教过程中强调应用、注重体验,对于激发学员学习兴趣、培养学习能力有非常积极的作用。可见,案例式教学是一种以培养学员解决实际问题能力为核心的新型教学方法,近年来越来越受到学生和教师的欢迎。

### 1. 面向应用的“材料分析测试”教学案例收集与制作

“材料分析测试”课程是一门实践性很强的课程,非常适合开展案例式教学的改革。国防科技大学自建校开始就建有金相教研室,多年来一直开展材料学科教学和科研工作,成果斐然,在以往的研究工作中积累了丰富的“材料分析测试”方面的案例可供教学使用和参考。

通过广泛与国防科技大学材料学科各位教员和研究生进行沟通交流,收集各个课题组与“材料分析测试”紧密相关的科学成果和最新研究进展,对收集的科研成果和研究进展按照应用的不同“材料分析测试”方法进行分门别类,在此基础上进行提炼和加工,制作教学案例。案例制作过程中注意区分不同“材料分析测试”方法的特点、适用范围和误差分析等。

下面通过一个实例介绍面向应用的教学案例收集与制作过程。该实例是采用扫描电子显微镜(Scanning Electron Microscopy,简称SEM)低电压观察法观察非导电样品表面微观形貌。SEM是非常重要的“材料分析测试”方法。在材料微观组织结构形貌观察、材料表面微区化学成分检测与分析、工程材料的失效分析等方面应用广泛。SEM对样品的基本要求是导电,如果样品不导电,则电子束在样品表面扫描过程中由于电子在样品中累积从而改变样品表面电场分布,严重影响SEM的分辨率和衬度,样品荷电严重时SEM无法正常工作。为了应用SEM观察不导电的样品,传统的方法是在样品表面做喷金处理,使样品具有导电性,但这种处理会改变样品表面化学成分,严重干扰表面微区化学成分分析结果。近年来随着SEM技术的发展,通过降低电子束加速电压,减轻样品表面荷电程度,可以在不镀金情况下直接观察不导电样品。SEM低电压观察是教学过程中的一个难点,对于初学者比较难理解,因为以往的教学已经形成了电子束加速电压越高,则电子束越容易会聚成小尺寸,从而分辨率越高的印象。而将电子束加速电压降低,观察不导电样品

形貌细节会更清楚,这种现象与以往学习的原理相悖。

本案例的选取源自一位研究生学员的薄膜样品。该样品由于厚度太薄没有连续成膜所以导致导电性很差,直接SEM观察无法看到表面微观形貌细节,而镀金处理会严重影响表面微区化学成分分析结果。通过文献调研以及与电镜销售公司技术人员探讨确定了低电压观察方案,将电子束加速电压从15KV降到0.8KV,成功观察到了样品表面非常微观的形貌细节。将该样品所有实验细节和表面观察结果进行整理,制作成一个完美的SEM低电压观察案例,供课堂讲授使用。同时,在实践教学环节,实验方案设计中预先准备镀金和未镀金的两种不导电样品,让学员同时做表面形貌观察和成分分析,找出存在的问题,讨论解决的方法。然后演示低电压观察的结果,讲解低电压观察的原理和优缺点。通过这样的学习过程,学员能完全理解SEM低电压观察的原理和必要性。同时,由于该案例来源于真实的材料研究过程中的实例,让尚未参与材料研究过程的学员直接面向低电压观察的应用实例,有助于学员加强理论与实际的结合,促进学员对材料科学基本原理的理解。

### 2. 面向应用的案例式教学探索性教学实施

课堂案例式教学实施过程中,打破原来按照分析测试方法原理、设备构造、样品制备、数据处理、问题与讨论进行讲授和学习的固定流程,而以案例中材料研制过程中对分析测试的需求和应用为牵引提出问题,围绕这些问题设置讨论内容,引导学员思考和提出问题,探讨解决问题的途径和方法。通过这些案例和讨论内容激发学员兴趣,鼓励学员提出解决问题的方案。在这个过程中引出新的“材料分析测试”方法,讲解该方法原理,学习样品制备和数据处理方法,最后通过实践教学环节让学员亲自动手参与到实验过程来,完成整个教学过程。

下面以X射线衍射进行材料物相分析的教学为例说明面向应用的“材料分析测试”案例式教学实施过程。X射线衍射方法是标定物质构成和分析晶体结构的重要方法,是“材料分析测试”课程的重点和难点。以往的学习通常按照晶体倒易点阵的概念、晶体X射线衍射的基本原理、X射线粉末衍射实验技术,X射线衍射物相定性和定量分析方法、晶体点阵类型确定的顺序来讲授和学

习。这种讲授和学习流程的缺点是晶体倒易点阵的数学概念、晶体衍射的物理原理等比较复杂和抽象,对初学者很难理解。将这些内容放在最前面讲,需要学员花费大量时间去学习和钻研,后果是造成学员对X射线衍射实验技术及应用的学习兴趣降低,影响了学员学习的积极性。

在面向应用的“材料分析测试”课程案例式教学实施过程中,首先通过设计提问式调查:材料晶体结构与性能之间的关系?询问学员在材料科学基础课程中所学过的铁碳相图中的物相及其晶体结构。然后提出思考题:这些物相的晶体结构是怎么确定的呢?以此作为课后自学内容,要求学员通过自学,然后用一段简单描述性的语言说明X射线衍射标定物质晶体结构的基本方法,但不要求说明原理和技术的各种细节。通过这种以标定物质晶体结构为牵引的自学,可以让学员直接面向X射线衍射的应用领域,熟悉X射线衍射分析这部分学习内容的大致轮廓,激发学员产生对X射线晶体学、晶体倒易点阵的数学概念的好奇心,增强他们学习的兴趣。最后通过详细的课堂学习和实验室实际操作,使学员完全掌握X射线衍射方法标定物质晶体结构的原理和方法。

### 3. 面向应用的案例式教学效果

2019年是国防科技大学本科教育质量年,本科生培养方案修订及教学改革是本科教育质量年重要内容。按照新形势下国防科技大学新的使命任务,以能力塑造为核心的人才培养导向正在形成。本科生“材料分析测试”课程的教学改革以案例式教学为主要改革方向,结合教学内容的优化调整、跨学科教学团队的建设、问题导向式实践教学改革等内容,进行了全面的教学改革探索性实施。从教学改革实施效果来看,面向应用的案例式教学极大调动了学员学习的积极性和主动性。由于学习每种“材料分析测试”方法都以实际材料研究过程中的案例引入,让学员直接面对以后研究工作中的实际问题,增加了学员学习理论知识的紧迫感。通过自学和文献阅读,让学员大致了解该实际问题产生的背景及可能的解决方法。课堂学习过程中学员注意力集中度、学习参与度与活跃度相对前几年有明显提高。

教学效果的提升也定量的表现在课程考核成绩上。比较2018级和2019级学员课程考核成绩,在由同一人出题、题量相同、难度基本接近的情况下,考核平均成绩由2018年度的78.7分提高到

2019年度的80.2,提升幅度1.9%。尤其工程技术类学员课程考核成绩由2018年度的77分提高到2019年度的84.9,提升幅度10.2%;优秀率由2018年的6.7%大幅提升到2019年的42.9%,提升显著。可见案例式教学有效激发了工程技术类学员学习兴趣,提高了学习的积极性;同时增进了学员之间互相讨论和交流的积极性,使得整体优秀率得到了大幅提升。

## 四、结语

据统计,20世纪以来到现在,获得诺贝尔奖的科研成果中,有一半以上与科学仪器和实验技术、实验方法的创新有关,或者直接应用了最新的科学仪器和实验技术。“材料分析测试”技术的发展对整个材料科学的推动作用毋庸置疑的。在军事和国防领域,“材料分析测试”技术对武器装备核心材料研发、装备失效分析等方面具有无可替代的作用。按照通用专业人才培养和联合作战保障人才的培养目标,作为军校材料工程专业本科学员,掌握通用的“材料分析测试”技术是成为新时期合格高科技军事人才所必需的。通过以案例式教学为主要改革方向,结合教学内容优化调整、跨学科教学团队的建设、问题导向式实践教学改革等,有望进一步提高“材料分析测试”课程教学效果,促进学员对材料学科基本原理的理解,增强学员动手能力,为学员创新能力和综合素质的提高发挥重要作用。

## 参考文献:

- [1] 李顺,王震,暨波.以能力塑造为核心的材料学科实验教学改革创新[J].高等教育研究学报,2019(2):116-120.
- [2] 王红洁,徐彤,席生歧,等.“材料科学基础”课程研究型教学改革与实践[J].高等教育研究学报,2015(4):117-120.
- [3] 罗勇,刘洪涛,乔江浩,等.材料科学与工程实验教学新体系改革探索[J].教育现代化,2018(17):57-58,82.
- [4] 余金山,刘东青,斯永敏.《材料分析测试原理与技术》本科课程教学探讨[J].教育教学论坛,2018(12):94-95.
- [5] 张正贵.材料现代分析方法课程改革与实践[J].实践·探索,2019(6):52-54.