

基于成果导向教育理念的《材料科学基础》 课程教学改革探索

张慧燕, 李维火, 夏爱林

安徽工业大学材料科学与工程学院, 安徽 马鞍山

收稿日期: 2022年3月15日; 录用日期: 2022年4月14日; 发布日期: 2022年4月20日

摘要

《材料科学基础》是高校材料类专业一门重要的专业基础理论课。本文基于工程教育专业认证遵循的成果导向教育理念, 以金属材料工程专业为例, 针对课程的教学目标、教学内容、教学模式和考核方法提出了一系列改革举措, 力求全面培养和评价学生运用理论知识和工具解决工程实际问题的能力。

关键词

材料科学基础, 成果导向理念, 教学改革, 工程教育专业认证

Exploring the Teaching Reform of Fundamentals of Material Science Course Based on Outcomes-Based Education Concept

Huiyan Zhang, Weihuo Li, Ailin Xia

School of Materials Science and Engineering, Anhui University of Technology, Ma'anshan Anhui

Received: Mar. 15th, 2022; accepted: Apr. 14th, 2022; published: Apr. 20th, 2022

Abstract

Fundamentals of Material Science is an important basic theoretical course for majors in Material Science. Based on the outcomes-based education concept of engineering education accreditation and taking the major of metal materials engineering as an example, this paper puts forward a se-

ries of teaching reform measures for the objectives, contents, modes and assessment methods of the course, striving to comprehensively cultivate and evaluate the students' ability of using theoretical knowledge and tools to solve practical engineering problems.

Keywords

Fundamentals of Material Science, Outcomes-Based Education Concept, Teaching Reform, Engineering Education Accreditation

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

工程教育专业认证的设计与实施, 遵循三个基本理念: 成果导向、以学生为中心和持续改进。其中, 成果导向教育(out-come based education, 简称 OBE)理念强调 4 方面的问题: 想让学生取得的学习成果是什么? 为什么要让学生取得这样的学习成果? 如何有效地帮助学生取得这些学习成果? 如何知道学生已经取得了这些学习成果[1]?

《材料科学基础》是安徽工业大学金属材料工程专业的主干课程和专业核心基础课之一, 课时曾高达 96 学时, 现经过课程体系改革而缩短为 80 学时, 使用教材是胡庚祥主编上海交通大学出版社出版的《材料科学基础(第 3 版)》。针对本专业人才培养需要, 为培养金属材料合成与加工制备方面的高级工程技术人才提供材料科学与工程方面的专业基础知识。通过对该课程的学习, 使学生掌握金属与合金的化学成分、组织结构、使用之间的内在联系以及在各种条件下的变化规律, 培养学生掌握运用材料科学的基本理论去解决实际问题的方法和能力, 了解材料科学的思维、分析方法, 为后续有关专业课(如材料力学性能、材料物理性能、材料分析方法和金属材料热处理等)的学习以及日后的工作和科研提供必须具备的材料制备、开发与应用等方面的专业基础知识。此课程在金属材料工程领域创新和应用型人才培养过程中起着举足轻重的作用[2]。然而, 传统的教学内容、模式和评价方式下, 学生普遍反应知识点枯燥繁杂难以理解, 常用的学习手段是考前突击背记。因此, 在工程教育专业认证背景下, 基于 OBE 理念, 对《材料科学基础》课程教学内容、教学模式和评价方式进行改革和探索研究具有重要意义。

以成果为导向的教学中心放在学生“学到了什么”, 而不单单是教师在课上“教了什么”, 这便需要转换思路, 反向设计课程教学, 明确每一章节的预期学习产出, 围绕专业毕业要求和专业培养目标来设计教学目标、教学内容, 采用合理的教学方法和教学评价方式, 从而提高学生解决实际问题的能力。

2. 设定教学目标

根据《工程教育专业认证标准》和本课程在材料科学与工程专业课程体系的地位, 筛选十二条毕业要求之“工程知识”的细化指标点 1.4、“研究”的细化指标点 4.2 以及“使用现代工具”的细化指标点 5.1 作为本课程对毕业要求的支撑点, 具体内容分别为: 能够应用专业知识和工程知识表述、分析和解决金属材料工程专业复杂工程问题; 能够根据复杂工程问题, 有针对性地选择研究路线、设计实验方案和构建实验系统, 安全地开展实验, 科学地采集实验数据; 了解或掌握金属材料工程专业常用的现代仪器、信息技术工具、工程工具以及相关软件的使用原理和方法, 并理解其局限性。

由此可见, OBE 理念强调学生通过本课程的学习, 能够初步具备使用所学的专业知识分析和解决复

杂工程问题的能力,要求在理解和掌握课程中专业知识点的基础上培养学生[3] [4]。将毕业要求指标点进行梳理,可细化为如下5条课程目标,其与指标点之间的对应关系和目标达成要求见表1。

Table 1. Relation of course objective and major graduation requirements

表 1. 课程目标与专业毕业要求的关系

序号	课程目标	毕业要求 指标点 1.4	毕业要 求指标 点 4.2	毕业要求 指标点 5.1
1	课程目标 1: 掌握材料共性规律,即材料的成分结构、制备加工、性能和使用效能之间的关系;掌握金属与合金的组织结构、化学成分、性能表现之间的内在联系以及在各种条件下(制备及加工工艺)的变化规律。	L3		
2	课程目标 2: 掌握运用材料科学的基本理论去解决实际问题的方法和能力,具备分析、推理和解决工程问题的能力。	L3		
3	课程目标 3: 熟悉材料成分结构、性能、制备加工和使用的物理参量与表征参数,并能够针对工程问题设计解决方案和研究路线。		L4	
4	课程目标 4: 能够通过实验检测到的数据,结合所学理论知识分析材料的组成结构和性能,以及相互作用关系和影响机制。		L4	
5	课程目标 5: 了解金属材料工程专业常用的制备、检测设备和分析软件,理解其工作原理、适用范围及局限性。			L2

布鲁姆教育目标分类[5]: L1 认知, L2 理解, L3 应用, L4 分析, L5 综合, L6 评判。

3. 明确教学内容

本课程内容涉及原子结构、晶体结构、晶体缺陷、相图、扩散、金属和合金的凝固、塑性变形与再结晶以及材料性能等知识。结合上述课程目标,以及考虑到学时缩短,需要打破传统教学中以教材为中心的做法。通过模块化重组教学内容,将每个模块中的具体内容划分为教师讲授内容、课堂研讨内容和课外自学内容,明确知识点和重难点,引入工程实际问题和科研实践案例到课堂教学内容中,提高使用理论知识解决复杂工程问题的能力[1] [6] [7]。既能增强学生的学习兴趣和学习动力,还能帮助学生了解材料领域的前沿。

课程内容可归纳为材料的微观结构、材料的相图与微观组织和材料的组织结构变化与机械性能三个模块,表2列举了知识模块、基础理论知识点、及其对应的重难点和实际案例。

Table 2. Course knowledge modules, basic theoretical knowledge points and their corresponding scientific research cases

表 2. 课程知识模块、基础理论知识点及其对应的科研案例

知识 模块	基础理论知识点及	重难点	对应的科研案例
材料的 微观结 构	原子结构与结合键; 晶体结构及其表征; 典型金属与合金相的 结构; 离子晶体和共价晶体 的典型结构; 亚稳态结构; 晶体缺陷。	重点: 七大晶系和 14 种布拉维点阵,晶向、晶面的概念及表示方法,典型的晶体结构(面心立方、体心立方、密排六方、金刚石、氯化钠等),影响固溶体固溶度的因素,位错理论及其基本特征和基本性质。 次重点: 金属间化合物的分类、特点和性能,点缺陷和面缺陷的基本知识。 难点: 位错周围应力场的分布及位错间的相互作用。	1. 铝合金中溶质原子与空位的相互作用。 2. 金属强度与位错密度和应变速率的关系。 3. 基于晶界偏聚和位错调控开发低合金高强度镁合金。

Continued

材料的相图与微观组织	<p>相图热力学及研究方法； 单元相图及纯金属凝固行为； 二元相图及其凝固行为和组织特征； 三元相图及其凝固行为和组织特征。</p>	<p>重点：结晶相变的热力学、动力学、能量及结构条件；过冷度在结晶过程中的意义；均匀形核和非均匀形核的原理、临界晶核半径和形核功的计算；晶体的长大条件与长大机制；纯金属和合金中界面生长形态的影响因素；三种基本二元相图的平衡与非平衡结晶过程，结晶后组织形态，铁碳相图及其分析和使用。</p> <p>次重点：用结晶理论说明晶粒细化、单晶制备等生产实际问题；合金中组织对性能的影响规律；三元系的相平衡转变及形成的组织组成物；三元相图分析中等温截面上杠杆定律和重心法则的运用。</p> <p>难点：相图的热力学分析机理；二元相图的分析、相与组织的相对含量的计算；溶质的重新分布和成分过冷。</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 改进的珠光体组织，克服强塑性矛盾。 2. 铁素体钢中的磷致晶界脆化研究。 3. 一种新型高强韧铸造钛合金：优化合金成分控制铸态组织。
材料的组织结构变化与机械性能	<p>固体金属中原子的扩散； 固态相变； 材料塑性形变、回复和再结晶。</p>	<p>重点：扩散的宏观规律(菲克第一定律和第二定律；柯肯达尔效应；扩散驱动力)；扩散的微观机理(原子理论；扩散机制等)；反应扩散；单晶体的塑性变形方式和规律；多晶体和合金变形特点及位错机制；材料强韧化的本质和方法；回复、再结晶现象的机理、动力学过程及对组织性能的影响；固态相变的基本特点和分类；掌握脱溶转变、调幅分解和马氏体相变的特点。</p> <p>次重点：固态相变过程中的形核和生长机制。</p> <p>难点：柯肯达尔效应；滑移系；材料的强韧化本质；再结晶温度及其影响因素。</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 冷轧-退火制备高性能纳米/超细晶奥氏体不锈钢。 2. 维持纳米晶金属超高强度稳定性：用受限晶体结构抑制过饱和 Al-Mg 合金中的原子扩散。

4. 优化教学模式

《材料科学基础》课程内容具有“三多一少”的特点，即：内容头绪多、概念定义多、原理规律多、理论计算少[8]。除了对课程内容进行分类和凝练，还应积极探索先进的教学方法和手段[9]。

课堂教学中，重点突出，以点带面。讲授内容不必面面俱到，部分内容安排课下在线学习，并通过布置作业和小测验等形成性评价过程达到练习和检验的目的，不仅可以建立学习自信，还能培养学生独立思考的好习惯。如以面心立方为例介绍晶体结构的特征参数，体心立方和密排六方略讲或自学。

充分利用多媒体平台和现代化工具，生动直观的展示抽象知识内容。如采用动画讲解面心立方晶体结构和密排六方晶体结构之间的原子排列和堆垛方式的异同。多媒体与板书的有机融合、优势互补，传统的板书形式具有引导思考的良好效果，不可完全丢弃，如涉及固溶体与金属间化合物的内容，在讲解固溶度影响因素时将其记录下来，在讲金属间化合物的分类时可发现其对应关系，注重学生逻辑和关联思维的培养。

以启发、提问、分组讨论或案例分享等多种方式教学。每讲授一个重难点内容，设置不同类型的例题，及时的了解学生对知识掌握的程度，训练学生理论结合工程实际应用的能力。引入翻转课堂、学生互评和课堂讨论等形式，增强学生的参与感，如点缺陷部分的内容，相对易于理解，采用分组式翻转课堂，每组学生凝练和讲解重难点并接受其他同学的提问和评分，最后由任课教师总结重难点，并布置随堂测试讨论提交。一方面锻炼了学生对知识点的梳理、组员之间的协作能力，另一方面帮助教师了解学生的兴趣点和对问题的认知程度。

采用多种方式进行课后指导。比如，QQ 群交流、在线答疑、作业讲评、阶段测试、专题讨论等，可以实现因人而异，因材施教，关注学生不同特点和个性差异，发展每一个学生的优势潜能。

5. 修正评价方式

传统的课程考核评价方式包括平时成绩和期末考试，其中平时成绩主要涉及课堂考勤和课后作业。这种传统方式存在的主要问题有：第一，在保证出勤率的基础上，学生为获得较高的平时成绩，出现作业抄袭等现象；第二，为应对期末考试，部分学生采用考前突击式的死记硬背，也能取得良好的考试效果。这种方式所得的综合评价成绩，对于平时课上认真听讲、课下积极思考的学生来说，有失公允和全面，而且未能实现和满足 OBE 理念下对学生解决实际工程问题能力的考察。

为此，可以从以下两个方面进行改革。第一，丰富过程评价[10]。即多元化平时成绩的构成，适当削弱作业本身的占比；第二，多样化考试试题。比如，部分题目结合实际工程问题，考察理论知识的应用。具体办法有：布置开放式题目，指导学生通过网络资源和查阅资料撰写报告；翻转课堂的学生互评及教师评分；课上互动、随堂测验和分组讨论的评分；期末试题中，尽量减少名词解释、选择题的题量和占比，相应增加简答题和计算题，且在这类题目中实际工程问题占比不低于 40%，另外可选择性的在填空题或判断题中加入占比不低于 20%的实际应用题目。实际操作中，我们常采用图 1 所示的比例计算总成绩。

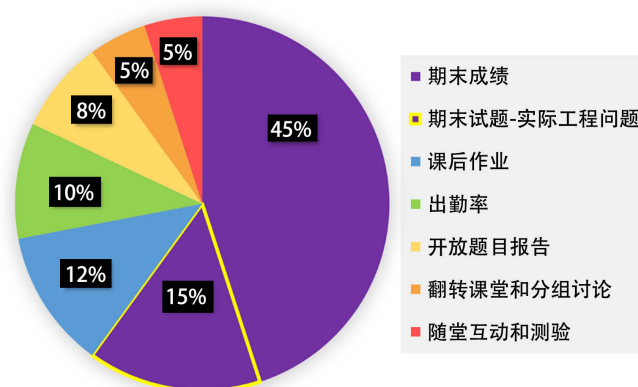


Figure 1. Pie chart of the process evaluation and final exam in the total marks of the course assessment

图 1. 课程考核总成绩中过程评价和期末成绩的占比图

6. 总结

针对工程教育专业认证背景下，以 OBE 理念为导向的金属材料工程专业《材料科学基础》课程，制定了教学改革措施，包括教学目标的设定、教学内容的择取、教学方法的优化和评价方式的修正。课程改革后，更加重视培养学生自主思考、逻辑思维、团队协作和理论联系实际等多方面能力，为后续学习其他专业课程打好基础，并为毕业后具备基本的科学研究和解决实际工程问题的素质做好铺垫，能更好地满足工程教育专业认证要求。

基金项目

安徽省教育厅省级材料科学基础教学团队(2020jxtd041)，安徽省教育厅省级重大教改项目(2020jyxm0230)。

参考文献

[1] 刘敬肖, 史非, 姜淑文, 张晶晶, 刘素花. 基于 OBE 理念的材料类专业基础课教学改革与实践——以无机材料

- 科学基础为例[J]. 高教学刊, 2021(11): 110-113.
- [2] 刘屹东, 黄锦涛, 谭婉怡, 肖练钢, 刘佳, 赵晨, 闵永刚. 基于 OBE 的材料科学与工程基础课程教学改革探索[J]. 广东化工, 2021, 48(18): 233+250.
- [3] 林健. 工程教育认证与工程教育改革和发展[J]. 高等工程教育研究, 2015(2): 10-19.
- [4] 张瑛, 马跃, 邱萍, 蒋小华, 张晓灿, 张鹏. 工程教育专业认证背景下《工程化学》课程教学改革初探[J]. 内蒙古师范大学学报(教育科学版), 2018(31): 96-100.
- [5] 孙晶, 毛伟伟, 李冲. 工程科技人才核心能力的解构与培育——基于布鲁姆教育目标分类视角[J]. 高等工程教育研究, 2019(5): 97-102.
- [6] 宋晓岚, 金胜明, 许向阳, 刘琨. 基于 OBE 理念的“无机材料科学基础”课程教学设计与课堂文化建设[J]. 创新与创业教育, 2018(9): 87-92.
- [7] 郑举功, 石俊, 那兵. 基于工程教育认证的材料科学基础课程改革[J]. 教育教学论坛, 2020(47): 169-171.
- [8] 王红洁, 徐彤, 席生岐, 吴志敏. “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(38): 117-120.
- [9] 王艳荣, 闫国进, 陈丽霞, 夏熠. 基于“OBE”理念的《无机材料科学基础》线上线下混合教学模式探究[J]. 山东化工, 2020(49): 178-179.
- [10] 牛继南, 王晓虹, 张生辉, 欧雪梅, 冯培忠, 强颖怀. 工程教育认证背景下的《材料科学基础》课程考核方式改革[J]. 山东化工, 2017, 46(3): 105-106.