

基于OBE理念的材料科学与工程专业课程设计与实践

王 剑, 张王刚, 侯赵平

太原理工大学材料科学与工程学院, 山西 太原

收稿日期: 2023年11月17日; 录用日期: 2023年12月19日; 发布日期: 2023年12月26日

摘 要

简介了材料科学与工程专业课程设计的目的和具体要求, 分析了目前材料科学与工程课程设计存在的问题。进一步讨论了以成果导向教育(Outcome Based Education, 简称OBE)理念为指引, 从课程设计题目、推进实践教学方法升级并开展课程设计、多维度构建分步式全过程考核体系等方面改进课程设计方式, 培养了学生用理论指导实践、以实践验证理论的能力, 加深了学生收集信息、团队合作、发现和解决问题的意识, 为材料科学与工程专业培养合格人才把好了课程设计关。

关键词

材料科学与工程专业, 课程设计, OBE理念

Curriculum Design and Practice for Materials Science and Engineering Based on OBE Concept

Jian Wang, Wanggang Zhang, Zhaoping Hou

College of Material Science and Engineering, Taiyuan University of Technology, Taiyuan Shanxi

Received: Nov. 17th, 2023; accepted: Dec. 19th, 2023; published: Dec. 26th, 2023

Abstract

This article briefly introduces the purpose and specific requirements of course design for Materials Science and Engineering and analyzes the current problems in course design for Materials Science and Engineering. The improvement methods of course design based on the concept of Outcome Based Education (OBE) were discussed, including course design topics, promoting the upgrading of

practical teaching methods, and constructing a multi-dimensional step-by-step full process assessment system. It has cultivated students' ability to guide practice with theory and validate theory with practice, deepened their awareness of collecting information, teamwork, discovering and solving problems, and ensured the curriculum design of qualified talents for the Materials Science and Engineering major.

Keywords

Materials Science and Engineering, Curriculum Design, Outcome Based Education Concept

Copyright © 2023 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

材料科学兴起于 1960 年初, 材料科学与工程是研究材料的成分、结构、加工技术及其性能与应用的学科。2019 年 5 月 29 日中央全面深化改革委员会通过《关于在山西开展能源革命综合改革试点的意见》[1]。2021 年 4 月, 山西省人民政府印发了《山西省“十四五”新材料规划的通知》, 指出“十四五”要把我省打造成为具有国内先进水平的新材料大省、强省, 培育转型升级新的经济增长点[2]。太原理工大学材料科学与工程学院积极响应习近平总书记视察山西时关于“争当全国能源革命排头兵”的重要指示精神, 在原有材料化学、材料物理和无机非金属材料工程专业基础上重新组建成立了材料科学与工程专业。太原理工大学材料科学与工程专业积极服务和对接山西新材料产业发展, 主要开设炭基新材料, 新能源材料和无机非金属材料等方向, 旨在培养学生通过新能源材料、炭基新材料等基本理论知识和思维方法的学习, 掌握新能源材料、炭基新材料等设计、制备、测试与应用所必需的基本理论和方法, 2020 年获批国家级一流本科专业建设点。

材料科学与工程专业课程设计是材料科学与工程专业教学体系中重要的实践性环节, 目的在于巩固学生在课堂和生产实践所学的知识, 培养其综合运用已学的材料基础理论和专业知识来解决材料制备、结构、性能相关问题的能力。我校材料科学与工程专业学生通过前期课程学习, 学生已掌握了材料结构、加工制备工艺、性能之间的关系。课程设计在此基础上使学生能够融会贯通地运用所学的知识, 对材料制备及使用过程中的现象、结构变化和性能做出理论分析和解释, 制定切实可行的加工制备工艺, 培养学生的综合分析问题和解决问题的能力, 同时通过课程设计培养学生查阅、应用文献的能力。因此, 如何保障和提高课程设计质量, 培养地方产业发展急需的“下得去、用得上、靠得住、离不开”人才, 是本课程服务双一流专业建设的根本任务。

2. 材料科学与工程课程设计现存问题

材料科学与工程专业属于新设置专业, 而且材料相关的科学技术近年也在飞速发展, 尤其是本专业方向要围绕山西产业转型发展开设, 在教学设计这一实践环节与教学期望之间仍存在不小差距, 表现为以下几方面。

2.1. 教学理念方面

不同于传统工科专业如材料成型及控制工程专业的课程设计以模具设计、铸造设计, 机械工程及自动

化专业的课程设计等有成熟的教材或方案参考[3][4],材料科学与工程专业课程设计相关文献资料较少,相关材料科学与工程的课程设计方案鲜有报道。另外,课程设计需要具有整体思维能力,从系统的角度处理问题。采用系统方法进行课程设计时,不能单单考虑材料领域的专业知识,还需要深入了解法律、安全、环境影响、经济成本等相互作用。因此,如何从选题、布置任务、设计指导、设计评价等给出合理课程设计方案是本专业需要探索的问题。

2.2. 教学方法方面

作为实践性较强的课程,课程设计是一个反复解决问题的过程,需要利用各种手段来完成设计目标,课程设计除考虑材料性能外,必须主动创新,精心规划和管理,满足设计任务和成本核算要求。课程设计往往需要学生具备跨学科技能,如何更好的让学生在课程设计过程中充分理解所学知识,并应用于实践,完成用理论指导实践,以实践验证理论的哲学升华是必须考虑的问题。

2.3. 教学过程方面

材料科学与工程专业课程设计具有任务量较大、难度高和学时短等特点,传统设计教学大多为学生根据设计任务开展,但该过程存在较多问题。(1)大多数学生只熟悉定义明确的问题,而课程设计问题的目标和性能要求较为模糊,传统的设计方案无法满足应用要求。(2)学生单独通过传统的为期两周时间设计容易出现降低难度,与实际脱节等问题。真实和实际应用的长期项目要求学生通过团队合作解决问题,而目前的课程设计在团队学习方面十分欠缺。(3)传统课程设计的考核方式重结果、轻过程。部分学生上交的设计说明书雷同性高,不能真实反映学生分析和解决问题的能力。因此,如何更好的评价学生教学设计成果,达到学以致用目的也是需要思考的问题。

3. 材料科学与工程课程教学改革思路

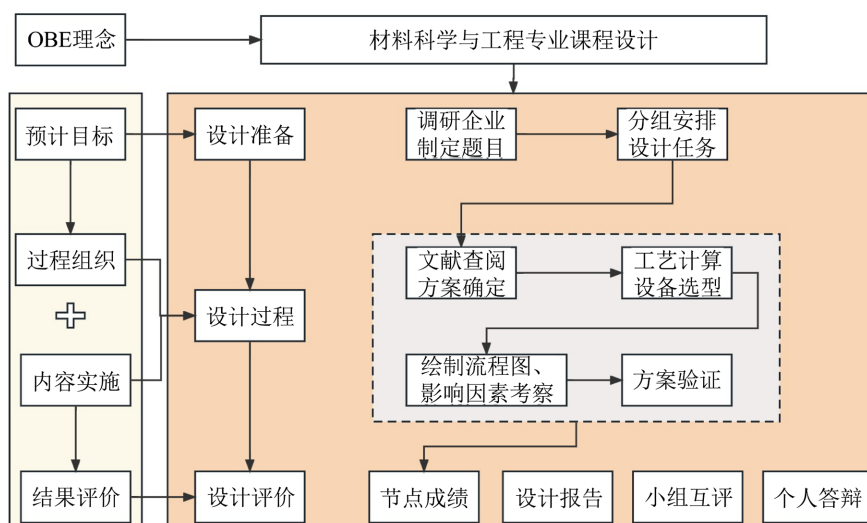


Figure 1. Diagram of materials science and engineering course design based on OBE concept
图 1. 基于 OBE 理念的材料科学与工程课程总体研究框图

成果导向教育作为一种先进的教育理念已经引起了人们的关注,它的英文全称为 Outcome Based Education (简称 OBE)。OBE 强调以学生为中心,并围绕学生的学习效果开展相关的教学活动。该理念注重学生获得的成果与能力,让学生学会利用所学专业解决实践中的问题,学生真正可以做到学以致用

用的效果,与目前培养高素质理工科人才的目标是一致的[5][6]。课程设计是应用工程和科学原理来制定设备或工艺的过程,所产生的设备或流程应能满足课程任务所定义的材料性能需求,并能将其付诸实践。将 OBE 理念贯穿到材料科学与工程的教学活动中,优化设计任务,提高设计水平,将可能使学生更好的具备解决复杂问题的能力。因此,为了满足新时代下材料科学与工程一流专业的要求,用 OBE 理念引导材料科学与工程专业课程设计改革,具有重要现实意义。

基于 OBE 理念的材料科学与工程课程设计研究框图如图 1 所示,OBE 理念主要是为保证预期目标的达成设计出适宜的教学活动来给与支撑,以预期的学习成果产出为中心,通过过程对学习过程的组织、学习内容的实施、学习结果的评价来开展的教学模式。为此,材料科学与工程专业课程设计实践改革主要从设计准备、设计过程和设计评价三方面进行改革,具体阐述如下。

3.1. 基于 OBE 理念重构课程设计题目

教育成果产出(OBE)理念要求课程设计具备整体思维能力,能够纵观全局,从系统的角度处理问题。紧密结合生产实际提高学生的工程实践能力,培养出社会所需要的工程技术人才。鉴于目前材料科学与工程课程设计参考题目较少,结合新能源材料和碳基新材料发展迅速且较成熟的动力电池、储能电池、电催化制氢等调研太原周边新能源和新材料领域企业,结合企业应用给出课程设计题目。

拟制定课程设计题目为:硅碳负极材料制备及工艺设计、人造石墨材料制备及工艺设计、硬碳材料制备及工艺设计、高活性低 Pt 燃料电池用催化剂产业化制备、焦炉煤气制氢用分子筛产业化制备、红外光谱调控的隔热降温功能膜材料产业化制备。要求学生分别熟悉硅碳、人造石墨、硬碳、低 Pt 催化剂、分子筛、功能膜材料的组成、结构、制备工艺与性能之间的关系等,确定最佳制备方案。设计并确定一种材料的生产工艺,讨论设计配方,选择生产(制备)原料、设计工艺过程、选择生产设备,构思生产线,绘制工艺框图。上述题目既考虑了前期学习的新能源材料或碳基新材料结构、制备和性能评价等基础课程,又结合了实际生产要求的设备、工艺放大、安全、环保及经济和社会效益,对于提高学生结合实际生产理解所学材料理论知识有重要意义。

3.2. 依托学科知识融合推进实践教学方法升级并开展课程设计

以所给出的具体题目为载体,引导学生开阔创新思维方式,设计过程中主动探究材料制备及工业化流程,综合考虑环境、成本和安全等多方面因素进行设计,评价材料科学与工程专业工程实践和复杂工程问题解决方案对环保、安全、经济和社会效益的影响。针对所给题目进行较为详细的物料衡算、热量衡算、设备的初步选型,针对生产过程中的安全问题以及“三废处理”详细说明,并利用计算机 CAD 软件绘制生产工艺图。

学生具体课程设计时可以通过概念图绘制过程来完成设计,鼓励学生列出设计提纲,同时关注环保、安全、成本和材料性能等要求,不要纠缠于细枝末节。具体设计过程中,把控可行性并持续监督。首先,为了提升学生自主学习能力,调动每位学生的主观能动性,依据前期学生学习成绩按照每组均有优秀和良好等成员,将全班 30 位同学分为 6 个小组,从给定 6 组题目中分别选择一个作为设计题目。其次,每个小组首先查阅文献资料内容,理解所给题目设计的材料制备和工业化流程,并安排学生自己查阅相关工业化生产设备,询问原材料价格,考虑车间布置情况、安全生产情况、环保要求、经济和社会效益等,组织分组讨论,确定方案、分组讨论方案,尽量发挥学生的积极和创造性。再次,进行设计和相关计算、撰写设计报告。在学生设计课程设计题目及实践具体流程时,鼓励学生应用批判性思维,包括发现和解决问题、确定假设、运用逻辑思维,考虑队友的观点,预见自己设计的结果等。总之,设计团队应有评估方案对社会、道德和环境的影响。最后,针对学生提供的试验可行性方案联系教研室、专业

教师科研设备或者组织学生到工厂参观完成试验验证。

为保证设计如期完成，制定详细设计计划，并配合时间节点考核方法，从而形成任务点与考核节点有效对接的督促机制。设计任务与节点考核示意图如图 2 所示。按照设计开展的逻辑顺序，设计 4 个考察任务点，分别为文献查询与工艺方案确定进展、工艺计算与设备选型、绘制生产工艺流程图、试验验证，在该时间节点之前，每位学生必须携带自己这段时间开展的设计任务，即考察点任务，了解进度情况且给出该节点成绩。

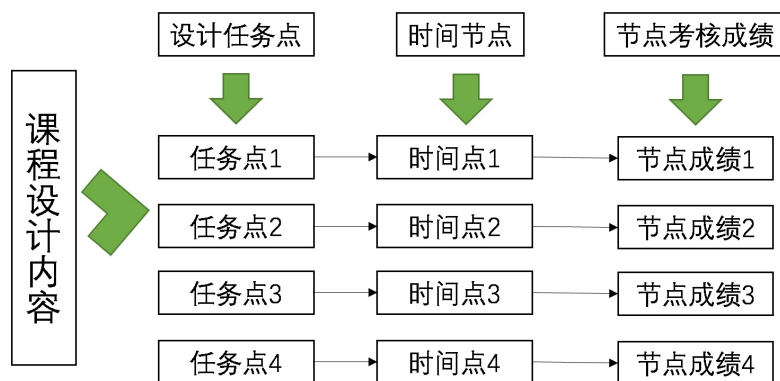


Figure 2. Diagram of design tasks and assessment
图 2. 设计任务与节点考核示意图

3.3. 多维度构建分步式全过程考核体系



Figure 3. Diagram of output-oriented course assessment and evaluation
图 3. 以产出为导向的课程考核评价示意图

图 3 显示了以结果产出为导向,与课程目标和毕业要求对应的材料科学与工程专业课程设计考核评价体系。基于 OBE 理念,将教学目标和毕业要求指标点相对应,并在设计过程中全流程考核学生的设计完成度。采取“分步考核”,包括节点考核、设计文档、小组互评、个人答辩等对学生进行综合考核。

Table 1. Example of personal replied questions in materials science and engineering course design

表 1. 材料科学与工程课程设计个人答辩环节问题示例

课程设计题目	答辩问题
百吨级硅碳负极材料制备及工艺设计	<ol style="list-style-type: none"> 1、硅的理论容量是多少? 2、硅和碳复合的方式目前主要有哪些? 3、如何制备硅纳米颗粒? 4、二次碳包覆的目的是什么? 5、CMC 具体是什么东西? 6、硅碳产业化发展的现状是什么?
百吨级人造石墨材料制备及工艺设计	<ol style="list-style-type: none"> 1、造粒工艺的目的是什么? 2、最终产品如何除磁? 3、石墨化度用什么进行评价? 4、针状焦作为原料为什么性能好? 5、人造石墨产业化现状如何? 6、工业中粉碎研磨的方式有几种?
百吨级硬碳材料制备及工艺设计	<ol style="list-style-type: none"> 1、硬碳的储钠性能为何优于软碳和石墨? 2、沥青、树脂、生物质作为原料制备硬碳各自的优缺点是什么? 3、常用的生物质原料有哪些? 4、硬碳和软碳的区别是什么? 5、硬碳制备时预氧化发生什么反应过程? 6、如何进行原料的预处理?
高活性低 Pt 燃料电池用催化剂产业化制备	<ol style="list-style-type: none"> 1、如何防止 Pt 团聚? 2、燃料电池的工作原理? 3、如何制备低 Pt 的催化剂? 4、燃料电池正极和负极常用的材料是什么? 5、燃料电池用催化剂的制备方法有哪些? 6、催化剂的电化学性能如何评价?
焦炉煤气制氢用分子筛产业化制备	<ol style="list-style-type: none"> 1、分子筛的定义和作用是什么? 2、焦炉煤气制氢的工艺是什么? 3、分子筛的制备方法有哪些? 4、分子筛常见的类型有哪些? 5、制备常用的装置是什么? 6、制备成本如何考虑?
红外光谱调控的隔热降温功能膜材料产业化制备	<ol style="list-style-type: none"> 1、隔热降温功能膜主要由什么组成? 2、红外光谱响应调控机制是什么? 3、制备膜材料的工艺是什么? 4、工艺流程简述? 5、制备过程的关键点是什么? 6、制备过程的成本咋样?

按照 OBE 理论设置预期成果目标,根据目标进行考核。结合专业课程设计矩阵要求,课程设计报告指定如下统一规范进行撰写,包括前言;国内外研究现状、设计题目意义;设计任务和思路;生产工艺设计(包括生产原料、生产设备及生产工序、生产线及生产车间设备布置、安全生产和环境保护);经济和社会效益;心得体会;参考文献。将课程设计的过程考核分为节点考核 40%+ 设计文档 30%+ 小组互评

10% + 个人答辩 20%。对于其中的每一部分,都制定详细的考核细则和过程执行方案。节点考核依据 4 次节点考核成绩,每次 10 分。设计报告包含包括前言;国内外研究现状、设计题目意义;设计任务和思路;生产工艺设计(包括生产原料、生产设备及生产工序、生产线及生产车间设备布置、安全生产和环境保护);经济和社会效益;心得体会;参考文献。设计思路清楚、合理;语言表达准确,概念清楚,论点正确;分析归纳合理;设计格式、标准应用、图表、参考文献的运用等符合有关标准和规定,成本分析合理。小组互评环节组织学生形成若干评价小组,教师将评价细则发放给每组,然后团队间互评打分。个人答辩考核中指导教师根据设计题目对每位学生提问,所回答问题示例如表 1 所示,考察学生对设计的理解能力和独立完成设计情况。

4. 结语

基于教育成果产出(OBE)理念,改革探索材料科学与工程专业课程设计实践教学环节,鼓励学生参与解决行业实际问题,提高学生对专业的认同感和解决问题能力,促进教师实践水平提升。结合山西新材料产业发展和专业方向设置的新能源材料和碳基新材料给出课程设计题目,进一步促实践育人成效,更好地服务企业和地方经济的发展。

通过课程设计,大部分学生均能在规定的时间内顺利完成。设计内容既保证了学生得到基本训练要求,又能使学习优秀的学生充分发挥创新思维,激发了学生的学习积极性。以学生“专业-能力-素质融合”为基点,构建基于教育成果产出(OES)理念的课程设计育人质量评价模式。学生通过本次课程设计收获颇多,懂得了理论与实际结合的重要性,发现了之前理论学习过程的不足,培养了自己的创新能力。另外,学生培养了收集、分析和利用信息的能力,懂得了团队合作的重要性,提高了发现问题和解决问题的能力。利用自己的所获所得,不抄袭,认真对待知识产权。总之,课程设计的终极目标是应用于实践,应该在今后的设计过程中进一步优化题目,全程指导,真正体现学生的自主性,为材料科学与工程专业培养合格人才把好课程设计关。

基金项目

2023 年山西省高等学校一般性教学改革创新项目“基于 OBE 理念的材料科学与工程专业课程改革与实践”(J20230243)。

参考文献

- [1] 关于在山西开展能源革命综合改革试点的意见[EB/OL]. https://www.ndrc.gov.cn/xwdt/ztzl/xhyshj/ldjh/202003/t20200302_1222047.html, 2019-05-29.
- [2] 山西省人民政府印发《山西省“十四五”新材料规划的通知》[EB/OL]. http://www.lvliang.gov.cn/lxxgk/zfxgk/xxgkml/sswghzxcx/sjghjd/wj/202209/t20220919_1693321.html, 2021-04-30.
- [3] 林承全,胡绍平. 冲压模具课程设计指导与范例[M]. 北京: 化学工业出版社, 2008: 38.
- [4] 黄宇婷. 机械课程设计[M]. 北京: 科学出版社, 2016: 24.
- [5] 周红仙,王毅. 新工科背景下基于 OBE 的大学物理实验教学方法研究[J]. 大学物理实验, 2020(5): 141-145.
- [6] 王学伟,段月琴,刘德宝. 基于 OBE 理念创新设计电镜材料表征的本科实验教学与实践[J]. 广东化工, 2022(2): 114-115.