

# 基于OBE + BOPPPS的《材料力学性能》教学模式构建与实践

张国尚, 冯日宝, 许 军

中国民航大学理学院, 天津

收稿日期: 2023年12月1日; 录用日期: 2024年2月21日; 发布日期: 2024年2月28日

## 摘 要

针对《材料力学性能》双语课程教学中学生面对工程问题时往往无从下手和所学课程知识不知所用从而兴趣不高的现状, 文章引入OBE理念和BOPPPS模型开展线上线下混合式教学和探究式学习。该教学模式以培养学生解决工程问题的能力为导向, 结合工程案例和科研项目, 让学生置身情景环境中, 通过深入分析现象背后的机理将理论与实践相结合, 从而掌握分析问题解决问题的方法。借助线上线下融合实现教学内容贯通、理论与实践贯通、知识与能力贯通, 以拓宽学生视野、培养学生创新精神和能力、提升课程挑战度。从多个指标对该模式教学效果进行评价, 取得了一定效果。

## 关键词

一流课程, OBE理念, BOPPPS模型, 教学模式

# Construction and Practice of a Teaching Mode for “Mechanical Properties of Materials” Based on OBE + BOPPPS

Guoshang Zhang, Ribao Feng, Jun Xu

School of Science, Civil Aviation University of China, Tianjin

Received: Dec. 1<sup>st</sup>, 2023; accepted: Feb. 21<sup>st</sup>, 2024; published: Feb. 28<sup>th</sup>, 2024

## Abstract

In response to the current situation that students in the bilingual course “Mechanical Properties of Materials” often have no way to solve engineering problems and do not know how to apply the

knowledge learned in the course, resulting in low interest, it is proposed to introduce the OBE concept and the BOPPPS model to carry out blended online and offline teaching and exploratory learning. This teaching model aims to develop students' ability to solve engineering problems. By combining engineering cases and scientific research projects, students are immersed in a situational environment, and by deeply analyzing the mechanisms behind phenomena, theory and practice are combined to master the methods of analyzing and solving problems. By utilizing the integration of online and offline teaching, we aim to achieve the integration of teaching content, theory and practice, knowledge and abilities, in order to broaden students' horizons, cultivate their innovative spirit and abilities, and enhance the challenges of the course. The teaching effectiveness of this model has been evaluated using various indicators and has achieved certain results.

## Keywords

First Class Course, OBE Concept, BOPPPS Model, Teaching Model

Copyright © 2024 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

《材料力学性能》是材料类专业的一门专业基础课，讲述材料力学性能的基本理论、评价材料的各种力学性能指标、测定原理与方法、失效机理与失效准则及其工程意义。

课程既具有很强的基础性，又具有很强的工程性，且与其他课程联系紧密。在传统教学中，在教学内容、理论与实践、知识与能力贯通方面存在明显不足，导致一方面学生在解决复杂工程问题方面往往无从下手，另一方面学生对所学内容不知有何用处从而缺乏学习兴趣，使得目前的课程教学已不能满足对新时代人才的培养要求。针对该情况，国家决定建设一流本科课程，国内外一些高校进行了相应的改革探索，提出一流课程建设要结合学校办学特色、学科专业发展特点，以学生发展为中心，了解学生的认知规律与接受特点，做到差异化教学，因材施教，变革教学模式，促进师生之间、学生之间的互动交流、资源共享、知识生成，提升教学质量[1]。近年来，以学习成果为导向的 OBE (outcome-based education) 理念在教学中得到了广泛应用，该理念依据人才培养目标确定毕业要求，再由达到毕业要求确定该课程应该具有的能力，以此设计相应的课程应解决的问题，这些问题包含哪些知识点，为了掌握这些知识点需要建立相应的教材、视频、案例、习题等教学资源，这种逆向确定教学环节的理念使教学更具有针对性，在一些内容繁杂的课程或实训教学中提高了学生的工程实践能力[2] [3]。BOPPS 教学模型以学生为中心，由引入(Bridge-in)、目标(Objective/Outcome)、前测(Pre-assessment)、参与式学习(Participatory Learning)、后测(Post-assessment)、总结(Summary) 6 个环节构成，符合认知规律，要求学生积极参与学习，并能及时反馈信息，促进教学目标的顺利达成[4]。为了提高教学效率和学生自学能力，利用信息技术开展线上线下混合式教学成为当前课程教学发展的趋势，成效明显[5]。对于《材料力学性能》这类跨学科涉及众多知识点的理论实践相结合的课程，简单的案例教学已经无法满足一流课程建设需求，需要开展涉及复杂工程问题的项目式教学。

因此，结合我校立足民航的实际和课程特点，提出引入 OBE 理念和 BOPPS 教学模型，以培养学生解决复杂工程问题的能力为导向，结合一系列层层递进的工程案例和科研项目，开展线上线下混合式教学和探究式学习，以拓宽学生视野、培养学生创新精神和能力、提升课程挑战度，本文对这一教学模式

的实现路径进行了研究。

## 2. 教学模式构建

教学模式构建遵循 OBE 理念是 BOPPS 模型的依据，BOPPS 模型是 OBE 理念的实践体现，线上线混合教学是课程讲授的具体组织形式原则，见图 1。

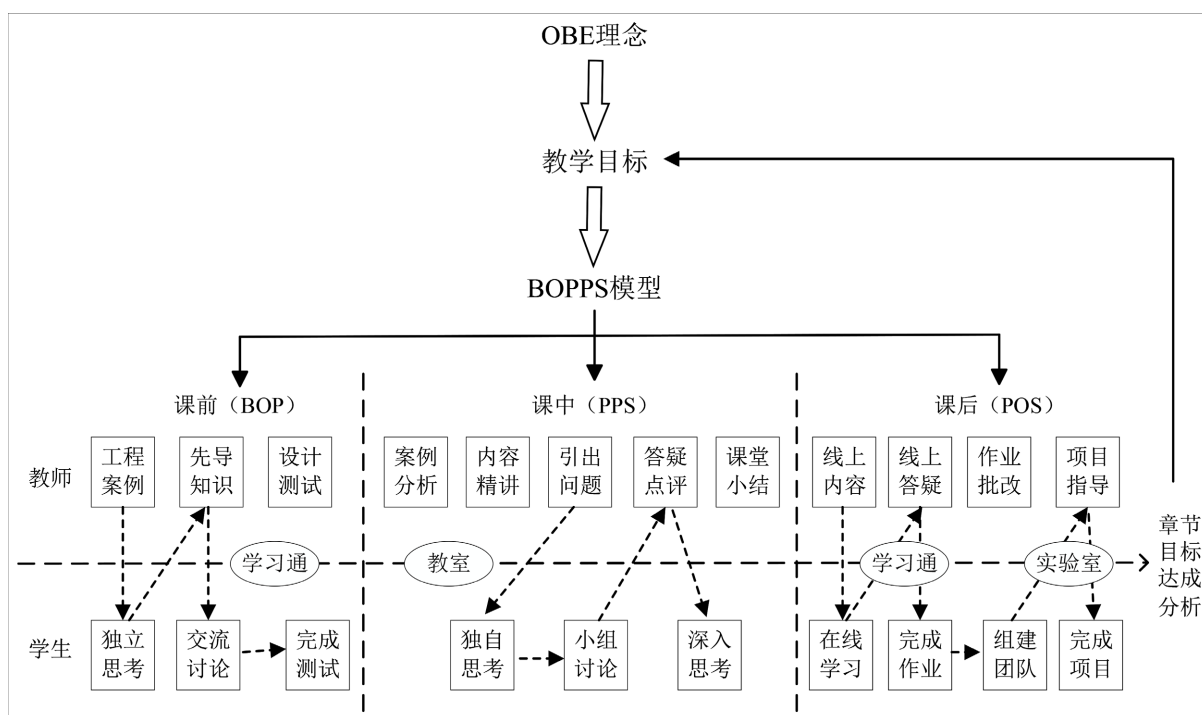


Figure 1. Teaching design based on OBE + BOPPPS

图 1. 基于 OBE + BOPPPS 的教学设计

### 2.1. 导入(Bridge-In)

导入是使学生快速了解课程的主题，激发学生兴趣。课程理论来源于工程实践，如自由轮在风平浪静的海面上突然断裂现象引发了断裂力学的发展，火车车轮的断裂问题引出了材料的疲劳问题。这些理论又应用到各领域，促进了理论的发展。在教学中坚持以培养解决工程问题的能力为目的，而非以刷题为任务。长期以来，课程内容主要针对材料级，即使涉及结构也是高度简化的结构模型和试件，这与实际结构的力学性能存在较大差别，也未能从具体问题入手将所学各课程知识有机联系起来，高度简化的结构及试件已不能满足对民航强国人才的培养要求。因此，导入的问题应为未简化的真实工程问题，教学中应引导学生以抓主要矛盾的哲学思想为指导，引入假设建立分析模型，使学生了解为什么要简化为课本上的简单结构进行分析，培养学生的工程思维。考虑到我校的民航特色，遴选问题应主要来源于民航工程实践。

### 2.2. 目标(Objective/Outcome)

根据 OBE 教学理念，教学目标的确定要依据毕业要求、课程目标、章节目标、课堂目标依次分解。基于 OBE 理念要对每个教学内容制定详细的目标，如育人目标、能力培养目标和知识传授目标，设计相应的方式来实现目标。

### 2.3. 前测(Pre-Assessment)

前测是检验学生对先导知识的掌握程度, 以及对本堂课知识的准备情况。通过发放课前测试题来督促学生做好课前预习。

### 2.4. 参与式学习(Participatory Learning)

教师在教室中通过启发式、探究式精讲课程内容, 回答学生疑问。通过翻转课堂、小组讨论等形式提高学生的参与度, 教师对学生的表现做出点评。

### 2.5. 后测(Post-Assessment)

该环节主要考察学生对本堂课内容的掌握情况, 分为课堂后测和课后后测。课堂后测为在线进行的选择判断题, 课后后测分为课后作业、专题大作业、工程项目以及根据自身情况选做的各类竞赛项目等, 根据结果发现学生在该节内容学习中存在的问题。

### 2.6. 总结(Summary)

总结分为课堂总结和课后总结。课堂总结针对学生对课堂中所学知识的掌握情况, 课后总结为每章结束后对学生参与的各项教学活动完成情况的综合评估。基于 OBE 理念, 对照教学目标不断改进 BOPPS 模型各环节, 形成教学过程闭环。

## 3. 教学资源建设

教学资源对建设一流课程至关重要, 下面从课程思政、双语教学、课程实验、典型案例、探究项目、专家讲座、网上课程等方面进行阐述。

### 3.1. 课程思政

课程思政是实现立德树人的重要手段, 该课程把科学精神教育、工程伦理教育、工程能力教育和爱国敬业教育融入其中, 实现三全育人。

### 3.2. 双语教学

考虑到民航领域英语应用的广泛性, 课程采用双语教学。要求学生掌握常用术语的英文形式, 能够针对课程相关工程问题用英文发表看法, 考试中英文作答题目占到一半以上。

### 3.3. 课程实验

课程实验分为亲自动手操作的硬度、冲击和断口观察实验, 以及结合虚拟仿真的慢拉伸应力腐蚀、断裂韧性、疲劳实验。通过这些实验训练学生动手能力和分析问题的能力。

### 3.4. 典型案例

材料力学性能相关的案例众多, 不同领域具有不同的特点。案例的选取要覆盖一定的广度, 从飞机、机车等大的工程结构到半导体芯片等微小器件, 还应包括人体组织结构的受力等。考虑到学校的行业特点, 重点放在与民航相关的高强钢、高温合金、树脂基复合材料、陶瓷涂层等的力学性能上, 彰显民航特色。同时, 案例要不断更新, 与当前热点结合, 以提高学生兴趣。

### 3.5. 探究项目

该课程一个重要目标是培养学生解决复杂工程问题的能力, 为此每章内容均设计了至少 1 个具有工

程背景的项目。项目要达到的要求要明确，涉及理论计算的要给出计算精度要求，涉及实验验证的比如功能要求、技术指标、成本要求、工期要求、寿命要求、空间要求等，这些都要经过详细的论证。教师首先对项目进行试做，发现可能存在的问题，对项目进行改进。项目实现需要引入诸多假设建立分析模型，分析过程中有各种近似处理方法，结构的可靠性要靠实验进行验证，培养学生应用所学各课程知识解决复杂工程问题的能力。项目的完成要求组建团队、查阅文献、理论计算、实验设计及实施，最后通过分析写出报告并进行答辩。

项目内容可进一步深入研究，参加各类竞赛，也可以作为毕业设计任务，一体化教学便于学生对某一问题进行深入研究，竞赛获奖也可激发学生的学习动力。

### 3.6. 专家讲座

课时压缩的背景下，将一些内容放在线上让学生课下自学。引入与课程内容相关的国内外专家讲座，鼓励学生将专家讲座中的一些分析解决问题的方法应用到项目中，提高创新性。

### 3.7. 网上课程

为使学生能随时随地进行课程学习，建设网上课程十分必要。课程选用学习通作为平台，将课程精讲视频、PPT、讲义、案例、习题、英文术语、项目等内容放在网上，并设置答疑及讨论区。

## 4. 教学设计案例

下面以应力腐蚀一节为例介绍如何进行基于 OBE + BOPPPS 的线上线下混合式教学。

课前通过学习通平台推送“11·22”中石化东黄输油管道泄漏爆炸事故视频[6]，使学生感受到遵守操作规程的重要性，激发学生学习和开发新技术预防此类事故发生的使命感[4]。接着思考什么是应力腐蚀，应力腐蚀有何特点，完成相应的测试题。

课中教师对课前推送内容进行总结，精讲应力腐蚀的定义、特点。以解放初期黄铜子弹壳开裂现象为例让学生课堂讨论如何分析失效原因，当分析得出原因是黄铜弹壳内存在残余内应力同时润滑用肥皂水中含微量铵离子时进一步讨论如何避免开裂现象。接下来讲授应力腐蚀评价指标和测试方法有哪些，各有何特点。最后应力腐蚀的机理和预防措施有哪些，完成课堂在线测试，教师对本节内容进行小结。

课后学生通过学习通上知识点精讲视频进行复习，完成相应的测试和飞机零件断裂分析的探究性项目。项目由一条情景主线引出并贯穿其中，情景主线先以 2002 年 5 月因疲劳造成 225 人遇难的华航空难这一民航史上的经典案例介绍本项目的背景[7]，即裂纹对飞机结构的完整性具有重要的影响，使得学生理解断裂力学知识对飞机损伤容限设计的重要性，激励学生更好地掌握理论知识；然后构建了 2030 年某国产飞机的虚拟飞行和维护场景，使学生化身为检修和维护人员，检修发现飞机结构中存在裂纹，利用所学知识判断为应力腐蚀裂纹，并通过力学分析确定含裂纹飞机结构的安全性，理解飞机结构损伤容限设计方法的力学原理，最终飞机结构通过安全评估，飞机返航蓝天。情景主线贯穿始终，构成一个完整的情节。最后，应用材料学知识对产生断裂的机理进一步分析，为开发耐应力腐蚀性能更强的新型材料提供支持，与课程实验中的应力腐蚀实验内容相结合。该项目中，围绕应力强度因子这一核心概念，融会贯通断裂力学应用、工程材料等课程教学内容，设计了飞机结构含裂纹应力腐蚀件安全评估、剩余寿命预测、材料及工艺对应力腐蚀特性影响三个问题，形成了“基础 - 提高 - 应用”递进式的教学方案，使学生分别掌握以应力强度因子为基础的剩余强度预测方法、以应力强度因子变程为驱动力的裂纹扩展和剩余寿命预测方法、以材料热处理为途径的抗应力腐蚀增强技术，培养学生综合应用知识的能力以及解决实际工程结构中的材料和力学问题的能力。该项目可进一步进行拓展，如对含裂纹试件如何进行修

补, 修补后的力学性能如何变化, 鼓励学有余力及感兴趣的同学可以作为大学生创新创业竞赛、毕业设计等内容进一步研究。项目实施过程中鼓励学生基于 CDIO (构思 - 设计 - 实现 - 运行) 模式来设计模拟实验验证理论[8][9][10], 注重数值模拟技术的运用, 考查学生的文献检索能力、创新思维能力、动手实践能力和成本控制、进度控制、管理协调能力等。项目实施过程中教师要及时发现存在的问题, 与学生及时沟通。

## 5. 教学效果评价

课程一直以来本着公正、公平、合理的原则, 规范课程考核的考核大纲, 并做到命题规范、符合考纲, 难易适度。课程考核注重对学生知识运用能力的考察, 通过课程考核有利于学生运用知识能力和创新能力的培养, 有利于推动教师教学内容和方法的改革, 有利于学生学习方法和学习态度的改变, 通过考试考核的改革使教学工作的重点真正落实到学生能力的培养和自身素质的提高上, 调动广大同学的学习积极性。成绩比例由期中、期末、平时三部分组成, 分别占 20%、50%和 30%, 考试中英文试题比例各占 50%。平时成绩各部分构成为测验 5%、项目 5%、作业 5%和实验 15%。

教学效果主要从学生评教、考试成绩、项目参加各类竞赛获奖、申请专利、发表论文几个方面, 经过 2 个学期的改革均取得了一定效果。此外, 定期对毕业生进行回访, 检验获得能力是否在工作中发挥作用, 哪些方面还需要改进, 同时参照课程达成度分析、学生评教分数、问卷调查情况对课程目标和教学内容进行修订和完善, 不断提高教学水平。

## 6. 结语

建设一流课程是高等教育永恒的主题。针对目前《材料力学性能》双语课程教学中学生面对工程问题往往无从下手和所学课程知识不知所用从而兴趣不高的现状, 我们引入 OBE 理念和 BOPPPS 模型, 以培养学生解决工程问题特别是民航相关问题的能力为导向, 让学生置身情景环境中开展案例和项目引领的线上线下混合式教学。引导学生着眼工程实际问题, 强化工程思维, 抓主要矛盾, 透过现象看本质, 严谨分析, 实验求证, 并与学科竞赛及毕业设计相结合。问题由简单向复杂拓展, 留给学生思考、探索的空间, 实现教学内容贯通、理论与实践贯通、知识与能力贯通, 彰显课程的高阶性、创新性和挑战度。基于教学评价结果不断改进教学中各环节, 形成教学闭环。从多个指标对该模式教学效果进行分析, 取得了一定效果。

## 基金项目

中国民航大学 2022 年教育教学改革项目“《材料力学性能》线上线下混合一流课程”(项目编号: CAUC-2022-B1-045)。

## 参考文献

- [1] 谭燕. 我国高校一流本科课程建设研究[D]: [硕士学位论文]. 上海: 上海师范大学, 2022.
- [2] 刘亮元, 师向群, 袁海军. 基于 OBE 理念的天线课程工程实践教学研究[J]. 实验技术与管理, 2020, 37(10): 197-200.
- [3] 赵巍, 刘梦莹, 刘学斌, 等. 基于 OBE 理念的虚实结合实训教学体系实践[J]. 实验技术与管理, 2018, 35(3): 185-189+232.
- [4] 金鑫, 李良军, 杜静, 等. 基于 BOPPPS 模型的教学创新设计——以“机械设计”课程为例[J]. 高等工程教育研究, 2022(6): 19-24.
- [5] 李海东, 吴昊. 基于全过程的混合式教学质量评价体系研究——以国家级线上线下混合式一流课程为例[J]. 中国大学教学, 2021(5): 65-71+91.

- 
- [6] 张子涵. “11·22”中石化东黄输油管道泄漏爆炸特别重大事故[J]. 现代班组, 2020(2): 29.
  - [7] 华航空难报告出炉——金属疲劳是主因[J]. 安全与健康, 2005(5): 26.
  - [8] 顾佩华, 胡文龙, 陆小华, 等. 从 CDIO 在中国到中国的 CDIO: 发展路径、产生的影响及其原因研究[J]. 高等工程教育研究, 2017(1): 24-43.
  - [9] 胡志刚, 任胜兵, 吴斌. 构建基于 CDIO 理念的一体化课程教学模式[J]. 中国高等教育, 2010(22): 44-45.
  - [10] 叶民, 孔寒冰, 许星. 新工科实践路径探讨: 基于扎根理论的 CDIO 转换平台建构[J]. 高等工程教育研究, 2018(4): 11-17+100.