

《材料连接原理与工艺》课程案例库构建与实践

王艳杰 祖健豪 杨海鑫 孙然*

北华航天工业学院材料工程学院, 中国·河北 廊坊 065000

摘要: 针对传统研究生课程教学中存在的理论与实践结合薄弱、创新能力培养系统性不足等问题, 本文以《材料连接原理与工艺》课程为例, 开展了以案例库建设为核心的教学改革探索。研究首先确立了“前沿引领、问题导向、能力进阶”的案例库构建理念, 进而阐述了基于“目标-设计-开发-实施-评价”逻辑的系统构建方法, 并构建了涵盖“基础原理→工艺优化→综合创新”三个层次的案例内容体系。通过将案例教学与项目式学习、虚拟仿真等多元化教学模式深度融合, 并建立过程性与终结性相结合的多元评价体系, 在教学实践中有效激发了研究生的创新思维, 显著提升了其解决复杂工程问题的能力。

关键词: 材料连接; 研究生教育; 案例库; 创新能力培养; 教学改革

Construction and Practice of the Case Library for the Course "Principles and Techniques of Materials Joining"

Wang Yanjie, Zu Jianhao, Yang Haixin, Sun Ran*

College of Materials Engineering, North China Institute of Aerospace Engineering, China Hebei Langfang 065000

Abstract: In response to the problems of weak integration of theory and practice and insufficient systematic cultivation of innovation ability in traditional postgraduate courses, this paper takes the course "Principles and Technology of Materials Joining" as an example to explore teaching reform centered on the construction of a case library. The research first establishes the concept of case library construction with "frontier guidance, problem orientation, and ability advancement", and then elaborates on the systematic construction method based on the logic of "goal - design - development - implementation - evaluation", and constructs a case content system covering three levels: "basic principles → process optimization → comprehensive innovation". By deeply integrating case teaching with diversified teaching models such as project-based learning and virtual simulation, and establishing a multi-dimensional evaluation system combining process and terminal evaluation, the teaching practice effectively stimulates the innovative thinking of postgraduates and significantly improves their ability to solve complex engineering problems.

Keywords: Materials joining; Postgraduate education; Case library; Cultivation of innovation ability; Teaching reform

0 引言

随着“中国制造 2025”等国家战略的深入推进, 对高层次、创新型工程科技人才的需求日益迫切^[1]。研究生教育作为培养创新人才的主阵地, 其课程教学的质量直接关系到人才培养的成效。《材料连接原理与工艺》作为材料、机械、船舶等工科专业的重要研究生课程, 其知识体系综合性强, 与实践应用联系紧密, 是培养学生工程实践与创新能力的关键环节^[2,3]。然而, 传统的课程教学多存在以下弊端: 一是偏重理论传授, 与前沿工程实践和科学研究脱节; 二是教学内容碎片化, 缺乏对学生系统性解决复杂工程问题能力的训练; 三是教学方式单一, 难以激发研究生的自主探究与创新潜能。

案例教学法通过呈现真实、复杂的工程情境, 能够有效架起理论与实践的桥梁, 是培养研究生创新思维和实践能力的有效途径^[4]。因此, 构建一个高质量、系统化的课程案例库, 并探索其有效的教学实践模式, 对于深化《材料连接原理与工艺》课程改革、提升研究生培养质量具有重要的现实意义^[5]。本文系统阐述该课程案例库的构建理念、方法、内容体系及教学实践, 以为相关工科课程建设提供参考。

1 案例库的构建理念与系统方法

1.1 案例库的构建理念

为应对传统研究生教学中理论与实践联系薄弱的问题, 本研究确立了“前沿引领、问题导向、能力进阶”三

位一体的案例库构建理念,将知识传授、能力培养与视野拓展深度融合,为培养创新型工程人才提供支撑。

在前沿引领方面,案例选题紧密对接材料连接领域的国际学术前沿(如新材料连接、智能焊接、增材制造)与国家重大战略需求(如航空航天、新能源装备)。通过引入前沿进展与重大工程挑战,确保案例内容的先进性与时代性,引导研究生在广阔的学术与工程视野下确立研究方向,激发科技报国的使命感。

在问题导向方面,案例设计以真实、开放的工程与科学问题为驱动,例如“高强铝合金焊接热裂纹抑制”和“异种材料连接界面脆性相控制”。通过模拟工程师与科研人员的角色,引导学生系统性地分析问题、运用多学科知识探索解决方案。这一过程有效促进了学生对课程理论的深度理解与融会贯通,实现了从掌握知识到应用创新的能力跨越。

在能力进阶方面,案例体系依据认知规律进行系统设计,构建了从“基础原理认知”到“工艺参数优化”,再到“综合创新设计”的阶梯式培养路径。初级案例夯实理论基础,中级案例侧重工艺-组织-性能关系的分析与优化,高级案例则挑战学生面向新需求进行自主设计与方案论证。这种递进式结构适应了不同背景学生的需求,确保学生获得系统性、有序的科研创新能力提升。

1.2 案例库的构建方法

《材料连接原理与工艺》案例库采用基于“目标-设计-开发-实施-评价”的逻辑框架进行系统构建,提升研究生解决复杂工程问题的创新能力。

目标层面,案例库建设聚焦于核心能力培养,具体分解为三个维度:深化学生对材料连接基础理论与关键工艺的知识理解;锻炼其在实际场景中进行工艺设计、缺陷诊断与设备选用的应用技能;最终激发其从工程实践中发现并定义科学问题、构思创新解决方案的高阶思维。

设计层面,案例库采用模块化与层次化架构。案例依据教学目标和难度梯度,划分为基础认知、综合应用及前沿探究三种类型,全面覆盖从原理、工艺到检测与失效分析的知识链条。此结构设计充分契合研讨式、项目式等现代教学模式的需求,保障了教学实施的灵活性。

开发层面,构建了多元化的案例内容来源渠道。一是依托校企合作,将产业界的真实技术挑战转化为教学案例;二是推动科研反哺,将前沿科研成果系统融入案例教学;三是剖析经典工程失效实例,强化学生的工程责任感与风险意识。所有案例均配备完善的教学指导书和配套资

源库。

实施层面,注重案例与教学流程的深度融合。通过将基础案例用于课前预习、复杂案例用于课堂研讨、开放性难题用于小组项目等多种方式,驱动学生完成知识内化与能力迁移的全过程训练。

评价层面,建立了“评价-反馈-优化”的闭环机制。通过系统收集学生反馈、分析学业成绩与项目成果,持续评估案例的教学效果与应用价值,并将结论用于案例库的动态更新与迭代,确保其持续保持先进性与教学有效性。

2 多层次案例内容体系的构建

为实现研究生工程实践与创新能力的系统培养,本项目构建了由基础到高阶的三层案例体系。该体系遵循认知发展规律,以渐进式能力提升为目标,通过环环相扣的案例设计,引导学生完成从理论认知到工程实践,再到综合创新的能力跃迁。

2.1 基础原理层:促进理论认知向工程思维的转化

基础原理层作为案例体系的根基,着重解决理论知识与工程实践的初步衔接问题。该层次案例以材料连接过程中的核心物理现象和基本原理为切入点,通过可控变量的工程设计,使抽象理论在具体情境中具象化。

以“电弧特性对焊缝成形的影响”案例为例,其教学设计突破了传统验证性实验的局限。在实施过程中,学生需要同时观察不同焊接参数下电弧的形态特征与焊缝的宏观形貌,并通过对焊缝截面金相组织的分析,建立“电参数-电弧行为-热过程-组织演变-成形质量”的完整认知链条。这种多维度、全过程的观察与分析,不仅深化了学生对电弧物理、传热学等基础理论的理解,更培养了其从工程现象中提炼科学问题的能力。

2.2 工艺优化层:培养工程问题的系统解决能力

工艺优化层案例着眼于真实工程环境中典型技术难题的解决,强调多学科知识的交叉融合与系统应用。该层次案例通常基于特定材料或典型结构,模拟工程实践中常见的质量控制和工艺优化需求。

该层次的典型代表案例是“超高强钢焊接冷裂纹的预测与防治”。在这一案例中,学生需要综合运用材料冶金学、焊接热过程、氢扩散理论等多方面知识,构建完整的裂纹风险评估与防控体系。案例要求学生不仅要掌握冷裂纹敏感性计算公式的应用,更要深入理解预热温度、层间温度、热输入等工艺参数对组织转变和应力演化的影响机制。通过这一过程,学生将建立起“成分-工艺-组织-

性能”的系统工程思维,形成基于科学原理的工艺决策能力。

2.3 综合创新层: 激发复杂工程系统的创新设计

作为案例体系的最高层级,综合创新层致力于培养学生的系统思维和创新能力。该层次案例通常来源于前沿科学研究或重大工程项目,具有多目标、多约束的典型特征,强调技术可行性与工程实用性的统一。

综合创新层案例如“航天器轻量化结构中铝/钛异种金属的连接方案设计与评价”案例充分体现了这一特点,在该案例中,学生需要面对材料物理化学性能、苛刻服役环境、严格重量限制等多重挑战。解决方案的探索过程涉及连接方法比选、接头性能预测、工艺稳定性评估、制造成本核算等多个维度的系统考量。通过这一开放性的设计任务,学生不仅需要展现其技术方案的创新性,更要体现工程决策的科学性,完成从技术执行者向系统设计者的角色转变。

本案例体系通过三个层次的有机衔接和递进,构建了完整的工程能力培养路径。基础层夯实理论根基,优化层强化工程实践,创新层拓展系统思维,共同支撑学生解决复杂工程问题能力的全面提升。这种结构化的案例体系为培养材料连接领域的高层次创新人才提供了有效保障。

3 案例教学的实施与多元评价体系

3.1 多元化教学模式的有机融合

为确保案例教学取得实效,本课程突破传统教学模式的局限,将案例教学与多种先进教学模式进行深度整合,形成优势互补的教学合力。

在综合创新层案例的实施中,我们采用项目式学习模式,将复杂的工程问题转化为完整的项目任务。学生以4-6人小组为单位,在4-6周的时间内,经历从问题分析、文献调研、方案设计、模拟验证到成果展示的全过程。例如,在“航天器轻量化结构连接方案”项目中,各小组需要完成开题报告、中期评审和期末答辩三个环节,有效模拟了科研工作的完整流程,培养了学生的项目管理能力和团队协作精神。

针对实验成本高、风险大的教学内容,我们开发了专业的虚拟仿真实验平台。学生在进入实验室前,可通过虚拟平台进行焊接参数调试、工艺方案优化和缺陷预测分析。这种“先虚拟后实操”的模式,不仅显著降低了教学成本和安全隐患,更重要的是使学生能够大胆尝试多种工艺路线,通过对比分析不同参数下的仿真结果,深化对工艺规律的理解,培养其系统优化思维。

课程还全面推行翻转课堂教学模式。我们将基础原理层案例的背景知识、核心概念和基础理论制作成微课视频和阅读材料包,要求学生在课前完成自主学习。课堂时间则重点用于案例研讨、观点辩论和深度探究。教师角色从知识传授者转变为学习引导者,通过精心设计的问题链,引导学生层层深入,培养其批判性思维和综合分析能力。

3.2 过程性与终结性相结合的多元评价体系

为全面客观地评估学生的学习成效,我们构建了过程性评价与终结性评价相结合的多元评价体系,着重考察学生在知识应用、工程实践和创新发展等方面的综合能力。

过程性评价占总评成绩的50%,贯穿于整个教学过程。其中,课堂案例研讨表现占15%,主要考察学生在讨论中展现的逻辑思维深度、问题分析准确度和观点创新性;小组项目贡献度占15%,通过组内互评、教师观察和项目报告质量进行综合评定,重点评估学生的团队协作能力、任务执行力和报告撰写水平;虚拟仿真实验操作与报告占20%,主要衡量学生的参数设计合理性、结果分析准确性和实验总结深度。

终结性评价占总评成绩的50%,采用试卷进行考核。试卷中包含50%的具有挑战度的综合试题,要求学生针对实际应用中的复杂工程问题,在规定时间内独立完成解决方案。这种考核方式着重考察学生的知识迁移能力、创新思维和系统设计能力,有效反映了其将课程知识转化为解决实际工程问题能力的水平。

这一评价体系打破了传统单一试卷考核的局限,实现了从注重“知识记忆”到强调“能力展现”的转变,充分调动了学生的学习主动性和创造性,为培养高素质创新人才提供了有力保障

4 实践成效与结论

经过两轮教学实践检验,本案例库建设与教学改革取得了显著成效。通过对比实施前后数据发现,学生在解决复杂工程问题方面的能力得到实质性提升。课程期末考核中开放性综合题的得分率从改革前的50.3%提升至85.6%;在针对课程教学效果的问卷调查中,95.2%的学生认为案例教学有效提升了分析和解决问题的能力,91.5%的学生表示创新思维得到了系统训练。学生的工程实践与创新能力在各类科技竞赛和科研项目中得到充分体现。两年来,以课程项目为基础发表核心以上期刊论文篇数每年增加10%,选修本课程的研究生获得省级以上大赛奖项的数目每年都有所增加。

本研究的实践表明,以“前沿引领、问题导向、能力

进阶”为构建理念,基于“目标-设计-开发-实施-评价”框架系统开发,并融入多元化教学模式和评价体系的案例库建设,能够有效破解传统研究生课程教学中理论与实践脱节的难题。这种以案例为载体、以能力培养为主线的教学模式,不仅显著提升了学生的工程实践能力和创新思维,也为其他工科研究生课程的教学改革提供了可资借鉴的成功范式。未来,我们将持续完善案例库的动态更新机制,进一步深化产教融合,为培养更多高素质创新型工程人才贡献力量。

参考文献:

- [1] 杨志浩,张其仔.全球产业链重构与中国制造业比较优势的培育[J].改革,2025,(09):80-89.
- [2] 王艳杰,赵琳,彭云等.中锰汽车钢焊接热影响区组织与韧性[J].机械工程学报,2022,58(24):84-93.
- [3] 王艳杰,赵琳,彭云等.中锰汽车钢激光焊接焊缝组织与韧性[J].中国激光,2022,49(08):227-237.
- [4] 张超.案例教学培养学生深度思维[J].思想政治课

教学,2025,(07):37-40.

- [5] 亓钧雷,从保强,宋晓国等.新工科理念下的焊接与连接前沿与进展课程改革与实践探索[J].机械设计,2023,40(10):142-146.

基金项目:北华航天工业学院硕士研究生课程建设项目:《材料连接原理与工艺》案例库建设,项目编号:YK-2025-05;河北省高校创新创业教育教学改革研究与实践项目,项目编号:2023CXCXY179;北华航天工业学院研究生创新资助项目,项目编号:YKY202573;北华航天工业学院教研课题:《材料工程基础》一流课程建设,项目编号:JY-2024-88。

作者简介:王艳杰(1981-),女,中国辽宁葫芦岛人,硕士生导师,副教授,博士,研究方向:从事焊接技术与工程专业教学研究。

通讯作者:孙然(1982-),男,中国河北廊坊人,高工,硕士,研究方向:从事智慧教学资源研究。