

基于“科研成果转化+工程实操赋能”的建筑材料课程教学改革实践——以超高强海砂混凝土教学为例

田雨泽¹, 史欣鑫¹, 杨斌^{1,*}, 费爱萍¹, 卫琳¹

1. 辽宁科技大学, 土木工程学院, 辽宁 鞍山, 114051

摘要: 针对建筑材料课程教学内容滞后、理论与实践脱节等问题, 以超高强海砂混凝土教学为例, 开展基于“科研成果转化+工程实操赋能”的教学改革实践。改革以建构主义、产学研融合及 OBE 理念为支撑, 重构教学目标, 优化“基础理论—科研拓展—工程应用”三级教学内容体系, 创新“科研案例+实操模拟+项目驱动”三维教学模式, 构建“过程性评价 40%+实操考核 50%+综合反馈 10%”的多元评价体系。经教学实践验证, 该改革有效提升学生对前沿材料技术的认知、工程问题分析能力及科研素养, 但存在跨学科资源整合不足、实操设备有限等问题。未来将通过跨学科模块开发、设备升级及虚拟仿真系统建设等措施优化方案, 为建筑材料类课程教学改革提供参考。

关键词: 建筑材料课程; 教学改革; 科研成果转化; 工程实操; 超高强海砂混凝土; OBE 理念

Practice of teaching reform in building materials course based on "transformation of scientific research achievements + empowerment of engineering practice" - taking the teaching of ultra high strength sea sand concrete as an example

Yuze Tian¹, Xinxin Shi¹, Bin Yang^{1,*}, Aiping Fei¹, Lin Wei

1. University of science and technology, School of civil engineering, Anshan, Liaoning, 114051, China

Abstract: In response to the problems of lagging teaching content and disconnection between theory and practice in the course of building materials, taking the teaching of ultra-high strength sea sand concrete as an example, a teaching reform practice based on "scientific research achievement transformation + engineering practical empowerment" is carried out. The reform is supported by constructivism, the integration of industry, academia, and research, and the OBE concept. It reconstructs teaching objectives, optimizes the three-level teaching content system of "basic theory research expansion engineering application", innovates the three-dimensional teaching mode of "scientific research cases + practical simulation + project driven", and constructs a multi-dimensional evaluation system of "process evaluation 40%+ practical assessment 50% + comprehensive feedback 10%". Through teaching practice verification, this reform effectively enhances students' understanding of cutting-edge material technology, engineering problem analysis ability, and scientific research literacy. However, there are problems such as insufficient integration of interdisciplinary resources and limited practical equipment. In the future, measures such as interdisciplinary module development, equipment upgrades, and virtual simulation system construction will be taken to optimize the plan, providing reference for the teaching reform of building materials courses.

Keywords: Building materials course; Reform in education; Transformation of scientific research achievements; Engineering

practice; Ultra high strength sea sand concrete; OBE concept

建筑材料课程是土木工程专业的重要基础课程，其教学质量直接关系到学生工程实践能力与创新能力的培养。近年来，超高强海砂混凝土相关科研成果不断涌现，为课程内容更新提供了丰富资源。但如何将这些科研成果有效转化为教学内容，并通过合理的教学设计提升学生实践能力，仍是当前教学改革亟待解决的问题。因此，探索“科研成果转化+工程实操融合”的教学模式，对于提升课程教学质量具有重要意义。

现有研究主要集中在两个方面：一是超高强混凝土及海砂混凝土的材料性能与工程应用研究，相关成果为教学内容更新提供了重要支撑；二是建筑材料课程的教学改革研究，多围绕 OBE 理念、案例教学及实验教学优化展开^[1,2]。在教学改革方面，部分学者尝试引入工程案例或科研成果以增强教学的实践性^[3-6]，但普遍存在以下不足：

- (1) 科研成果多停留在“知识补充”层面，缺乏系统化的教学转化路径；
- (2) 工程案例与课程内容融合不够紧密，难以形成完整教学闭环；
- (3) 实操教学多以验证性实验为主，缺乏面向真实工程问题的综合训练。

总体来看，当前研究尚未构建起“科研成果—教学内容—工程实践”一体化的教学体系，尤其在特定工程材料（如海砂混凝土）领域，教学改革仍有较大改进空间。

1 研究内容与方法

1.1 研究内容

搭建一套既贴合工程实际需求，又能跟上科研前沿节奏的超高强海砂混凝土教学体系。核心是解决以往教学里理论和实践“两张皮”的老问题，提升学生的技术应用能力。主要从三方面入手推进：一是优化教学内容，将科研成果中的核心技术和前沿知识点融入课程；二是创新教学方法，采用“科研案例教学+实操模拟+项目驱动”的组合模式^[7]；三是完善多元评价体系，过程性评价、实操考核、科研素养评价合理占比，全面衡量学生真实水平。

1.2 研究方法

主要采用三种方法推进教改研究。行动研究法：按“计划—实施—观察—反思”四阶段循环，在教学过程中边实践边调整；案例分析法：从超高强海砂混凝土相关科研项目中，选取典型试验案例作为教学素材；问卷调查法：收集学生反馈和企业导师意见，了解行业对人才的实际需求（图1）。

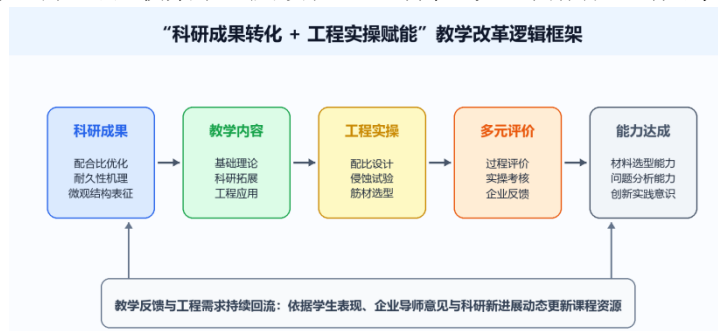


图1 “科研成果转化+工程实操赋能”教学改革逻辑框架示意图

Fig. 1 Schematic diagram of the logical framework for teaching reform of "scientific research achievement transformation + engineering practical empowerment"

整体思路是“找问题—想办法—试效果—磨方案”。先摸清传统教学痛点，将科研成果转化为教改方案；再到课堂和实训基地试点实施；最后总结经验、补上短板，形成可推广的教学模式。

2 教改方案设计与理论依据

2.1 核心理论支撑

基于建构主义学习理论和产学研融合理念，我们注重让学生置身于真实的科研案例和工程场景中，通过动手实践和主动思考，逐步搭建起属于自己的知识体系。借鉴 OBE 教育理念，教学设计以学生最终达成的能力成果为导向，反向规划教学内容与评价标准^[1]。同时遵循“科研反哺教学、教学促进实践”原则，将科研成果转化为教学资源，确保教学内容的先进性和实用性^[2]。

2.2 教改核心原则

1. 科研适配原则：教学内容紧跟科研成果的核心技术，同时严格对标行业标准。例如，参考含粗骨料超高性能混凝土的研究成果^[8]，将粗骨料掺量优化、纤维混杂等关键技术参数纳入教学内容。

2. 实操优先原则：增加实操教学课时占比，教学重点聚焦工程实操技能训练。参照抗氯离子渗透试验方法及不同养护制度对微观结构影响的研究^[9]，设计配套的学生实操项目。

3. 动态更新原则：将海砂混凝土领域的新成果、新案例及时纳入教学内容。如纳米改性技术的最新发现、跨海大桥的工程实践案例等，均在课程中动态更新。

2.3 具体教改方案

2.3.1 教学目标重构

重新梳理并明确三层教学目标：知识层面，掌握超高强海砂混凝土配比设计、抗硫酸盐侵蚀机理及裹覆筋材选型等核心知识点；技能层面，能独立完成混合料配置、工程病害防治及质量检测等实操工作；素养层面，培养严谨的工程质量意识与主动的科研创新思维。

2.3.2 教学内容优化

整合传统混凝土基础理论与科研前沿成果，新增三大核心教学模块：

(1) 超高强海砂混凝土配比设计模块：讲解水胶比设计、胶凝材料体系优化、海砂淡化处理等技术要点，探讨纳米碳酸钙改性对界面过渡区的优化机理。

(2) 抗硫酸盐侵蚀技术模块：分析养护制度对水化产物演化及硫酸盐侵蚀的影响规律，讲解矿物掺合料对耐久性的提升作用。

(3) 裹覆筋材耐久性选型模块：结合海砂混凝土中钢筋的腐蚀风险，分析工程防护措施。

同步编制《超高强海砂混凝土工程案例集》，收录科研实践中硫酸盐侵蚀、筋材性能退化等典型工程问题，特别收录跨海大桥工程中高强海砂混凝土的应用经验与问题解决方案^[4]。

2.4 教学内容结构化设计

在教学内容设计中，以科研成果为基础，对课程内容进行结构化重构，形成“基础理论—科研拓展—工程应用”三级教学体系（如表 1 所示）。

(1) 配合比设计教学模块（科研转化）

将科研中关于配合比优化的研究成果转化为教学案例^[10]，引导学生理解关键参数（如水胶比、胶凝材料体系）对材料性能的影响机制。通过案例分析与参数对比训练，使学生掌握配合比设计的基本方法，而非单纯记忆理论公式。

(2) 耐久性分析教学模块（问题导向）

围绕工程中常见耐久性问题（如硫酸盐侵蚀、钢筋腐蚀），引入相关科研成果作为分析素材^[10]，引导学生从“现象—机理—控制措施”的角度进行学习，强化工程问题分析能力。

(3) 工程应用与选型模块（实践导向）

结合实际工程案例（如跨海工程应用场景），设计材料选型与施工方案分析任务，使学生在模拟工程情境中进行决策训练，提升综合应用能力^[3]。

通过上述模块整合，实现科研知识向教学内容的有效转化，使课程既保留理论深度，又增强工程适应性。

表 1 教学内容模块与科研成果转化对应关系统计表

Table 1 Statistical table of correspondence between teaching content modules and scientific research achievement transformation

教学模块	对应科研成果/技术要点	转化后的教学内容	学生任务与能力指向
配合比设计模块	水胶比、胶凝材料体系、海砂淡化处理、纳米碳酸钙改性等研究成果	讲解关键参数对强度、工作性和界面过渡区的影响，设置参数对比案例	完成配合比方案设计与参数解释，形成材料设计能力
耐久性分析模块	硫酸盐侵蚀、氯离子渗透、养护制度对水化产物和微观结构的影响	按照“现象—机理—控制措施”组织课堂讨论和实验数据分析	完成侵蚀风险判断、耐久性提升措施分析，形成工程问题诊断能力
工程应用与选型模块	跨海工程海砂混凝土应用案例、筋材腐蚀风险与防护措施	构建跨海工程情境，讨论材料选型、施工控制和质量检测方案	完成材料选型与施工方案论证，形成综合决策能力

创新采用“科研案例+实操模拟+项目驱动”三维融合教学模式^[6]。教学中，将抗硫酸盐试验、正交试验等真实科研数据转化为案例素材，通过深度拆解让学生理解技术原理；如引入微观结构图像，引导学生分析养护制度对水化产物形貌的影响^[7]。同步依托小型试验设备开展实操训练，让学生亲手参与配比调试、病害模拟处理等环节。以“超高强海砂混凝土配合比设计与耐久性测试”为核心课题，组织学生分组完成模拟项目。同时引入抗压强度计算公式、耐蚀系数公式等科研工具，引导学生分析粗骨料掺量对力学性能的影响规律，强化理论对实践的指导价值。

表 2 项目驱动教学任务设计统计表

Table 2 Statistical table of project driven teaching task design

项目任务	主要教学活动	实操训练内容	成果形式	评价重点
超高强海砂混凝土配合比设计	分析工程需求与科研案例数据，比较不同参数组合	水胶比设定、胶凝材料体系选择、试拌与调整	配合比设计书、参数说明表	设计合理性、参数解释能力、方案完整性
抗硫酸盐侵蚀与耐久性分析	导入侵蚀机理和养护制度影响数据，组织小组研讨	试件养护、侵蚀模拟、耐蚀系数计算与结果分析	耐久性分析报告	数据处理规范性、机理解释深度、控制措施可行性
裹覆筋材耐久性选型	结合跨海工程案例讨论钢筋腐蚀风险	防护方案比选、质量检测指标设计	材料选型与防护方案	工程适配性、风险识别能力、论证逻辑



图 2 课程三维评价体系权重结构示意图

Fig. 2 Schematic diagram of the weight structure of the three-dimensional evaluation system for courses

重构课程三维评价体系（如图 2 所示）：过程性评价占 40%，重点考察课堂参与度、科研案例分析报告质量；实操考核占 50%，检验配比设计、病害处理、质量检测等实际操作能力；综合反馈

占10%，结合企业导师现场评价，考量科研素养与综合表现（如表3所示）。

表3 三维评价体系设计统计表

Table 3 Statistical table of 3D evaluation system design

评价维度	权重	考核内容	评价主体	证据材料
过程性评价	40%	课堂参与、科研案例分析报告、阶段任务完成情况	任课教师、小组成员	课堂记录、案例分析报告、阶段汇报材料
实操考核	50%	配比设计、病害处理、质量检测、实验操作规范性	任课教师、实验指导教师	实验记录、实训报告、操作过程记录
综合反馈	10%	企业导师现场评价、科研素养、团队协作与工程表达	企业导师、任课教师	企业导师评语、项目答辩记录、学生反思材料

3 教改实践过程与实施情况

3.1 实践对象与环境

实践对象为土木工程专业学生（50人）；实践环境为学校实验室，配备混凝土配比试验设备、硫酸盐侵蚀模拟装置、强度检测仪器等。

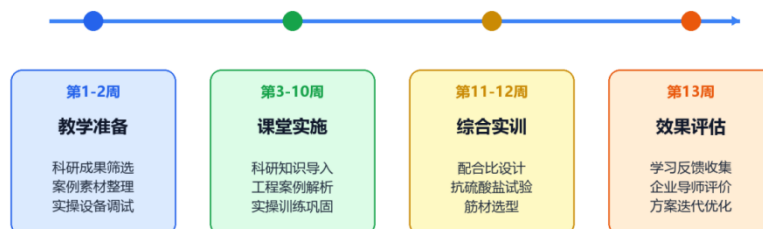
3.2 实践实施步骤

第一阶段（第1-2周）：教学内容和师资准备。将科研成果中的核心技术转化为教学知识点，整理科研案例素材，调试实操设备。

第二阶段（第3-10周）：课堂教学核心环节。采用“科研知识点导入—工程案例解析—实操训练巩固”的节奏推进，如在讲解抗硫酸盐侵蚀时，引入养护制度对钙矾石生成影响的研究数据^[10]。

第三阶段（第11-12周）：项目综合实训。分组完成“超高强海砂混凝土配比设计、抗硫酸盐试验、裹覆筋材选型”模拟项目，要求学生参照工程案例设计满足特定需求的配合比方案^[3]。

第四阶段（第13周）：效果评估与方案调整。收集学习反馈和企业导师意见，优化教学方案。



实施路径遵循“准备—实施—实训—评估”的闭环逻辑，支撑后续动态改进。

图3 教学改革实践实施流程示意图

Fig. 3 Schematic diagram of the implementation process of teaching reform practice

3.3 实践中的调整与优化

在实际教学过程中，科研数据解读、正交试验设计等内容理解难度较大，特别是对微观结构演化机制的理解较为抽象；实操环节中，学生配比设计精度不足，操作规范性有待提升。为此，增设微观结构图像解读专题课，将图像分析与配比设计参数关联讲解，确保学生真正掌握核心技能。

4 教改效果分析与数据支撑

4.1 教学成效的初步观察

从教学实践反馈来看，改革取得了积极成效。学生对超高强海砂混凝土核心技术参数的理解程

度明显提升,能够较准确地把握水胶比、胶砂比等关键指标的设计要点。在工程病害防治方面,多数学生能参照相关研究成果,完成基本的抗侵蚀分析与方案设计^[10]。

课程考核结果显示,学生的综合应用能力有所增强。在实训报告中,部分学生能运用抗压强度公式、耐蚀系数公式分析试验数据,并尝试参照相关综述研究提出配合比优化建议。教师普遍反映,改革后课堂互动性增强,学生对前沿技术问题的关注度明显提高。

4.2 学生与企业的反馈

学生问卷调查显示,绝大多数学生对“科研案例+实操训练”的教学模式表示认可,认为该模式有助于理解抽象的技术原理。多位学生在反馈中提到,通过分析微观结构图像^[7]和工程案例,对养护制度与耐久性的关系有了更直观的认识。

企业导师在与学生的接触中反馈,本届毕业生对海砂混凝土相关技术的了解程度较往届有所提升,特别是在跨海大桥工程案例^[3]涉及的技术要点方面,表现出较好的知识储备。部分参与校企合作项目的学生,能够运用所学知识分析实际工程问题,展现出一定的科研素养。

4.3 教学改革的初步判断

综合教学过程中的观察和学生反馈,可以初步判断:将科研成果转化为教学资源的改革路径是可行的,以真实科研数据和工程案例为载体的教学模式,有助于提升学生对前沿技术的理解和应用能力。这与相关教改研究的结论是一致的(如表4所示)。

表4 教学改革成效观察与证据支撑统计表

Table 4 Observation of the effectiveness of teaching reform and statistical table of evidence support

观察维度	改革前主要问题	改革后表现	现有支撑材料	建议补充的数据
前沿材料认知	课程内容偏重传统混凝土理论,对超高强海砂混凝土涉及不足	学生能够解释水胶比、胶砂比、养护制度等关键参数与材料性能的关系	课堂表现、案例分析报告、教师观察记录	知识点测试前后对比、学生掌握率统计
工程问题分析	面对耐久性设计、材料选型等复杂情境时综合分析能力不足	多数学生能够完成抗侵蚀分析、配合比优化建议和防护方案论证	实训报告、项目答辩记录	项目评分均值、优秀率、典型任务达成度
实操与规范意识	验证性实验较多,真实工程问题导向不足	学生参与配比调试、侵蚀模拟、质量检测等综合训练,操作规范性有所提升	实验记录、教师评价、企业导师反馈	操作考核量表得分、规范性失误次数统计
科研素养与创新意识	科研成果多作为知识补充,缺少教学转化和应用训练	学生能够利用科研公式、微观结构图像和案例数据解释工程现象	案例分析报告、学生反馈、课堂讨论记录	问卷满意度、科研案例分析得分、访谈材料编码结果

5 问题反思与未来展望

5.1 教改实践中的问题与不足

改革推进中也发现一些需要完善的地方:跨学科教学资源整合不够到位,特别是在讲解微观结构分析时,学生对材料表征技术的理解基础较薄弱^[7];实操设备数量有限,难以完全满足学生个性化实训需求;科研案例的工程场景还原度有待进一步提升。

5.2 改进措施与优化方向

后续将从三方面推进教学优化:一是联动材料科学专业,开发跨学科教学模块,在微观结构分

析领域引入材料专业表征技术课程；二是申报实验室建设专项经费，购置小型实操模拟设备；三是深化校企合作，联合开发虚拟仿真教学系统，模拟跨海大桥海砂混凝土施工过程^[3]，提升工程场景还原度。

5.3 推广价值与未来展望

本教改方案围绕“科研成果教学化、教学过程实操化、评价体系多元化”三条主线展开，有效回应了建筑材料课程中前沿技术教学滞后、理论与实践脱节等问题，适用于建筑与土木工程、材料科学等相关专业的材料类课程。借鉴非常规建材的研究思路，未来可将海砂混凝土的区域化应用纳入教学内容。后续可进一步深化产学研合作，探索“科研—教学—实践”一体化培养模式，持续提升人才培养与行业需求的契合度。

参考文献

- [1] 于淼, 于学生, 谷丹丹. 基于 OBE 教育理念下的线上线下混合教学模式改革研究——以“土木工程材料”课程为例[J]. 广西城镇建设, 2021, (11): 139-141.
- [2] Chen Z, Zhang J, Jiang H, et al. Exploration of Experimental Teaching Reform in Civil Engineering Materials Course Based on OBE Concept[J]. Global Journal of Engineering Sciences, 2024, 11(5): 1-8.
- [3] 李秀君, 彭斌, 宋明洋. 新时代“双碳”背景下土木工程材料课程教学改革[J]. 高教学刊, 2023, 9(33): 12-15.
- [4] 季涛, 张士萍, 牛龙龙. 土木工程材料课程项目化教学模式构建[J]. 山西建筑, 2024, 50(6): 188-191.
- [5] 李想, 初梅. 基于教学方法创新的《建筑材料》课程教学改革与实践[J]. 教育教学论坛, 2017, (50):91-92.
- [6] 李长辉, 陈宇, 吴莹. 互联网大数据下“建筑材料”课程教学模式改革研究与实践[J]. 科教导刊, 2021, (11): 98-100.
- [7] Xie Y, Chen W, Jian W, et al. Teaching reform of civil engineering materials course based on project-driven pedagogy[J]. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2018, 153 (5): 052023.
- [8] Li Y, Wang Y, Zheng Z, et al. Study on mechanical properties, stress-strain relationship, and microstructure of ultra-high-performance concrete with coarse aggregate at ultra-low temperature[J]. Construction and Building Materials, 2026, 511: 145192-145192.
- [9] Zhang P, Wittmann H, Vogel M, et al. Influence of freeze-thaw cycles on capillary absorption and chloride penetration into concrete[J]. Cement and Concrete Research, 2017, 100: 60-67.
- [10] Shi C, Wu Z, Xiao J, et al. A review on ultra high performance concrete: Part I. Raw materials and mixture design[J]. Construction and Building Materials, 2015, 101: 741-751.

基金项目：新基建背景下“十”字型智能建造人才的培养与实践——以《岩土工程测试技术》课程为例（LNYJG2024094）；新基建背景下“PBL+5E”教学模式助力智能建造专业应用型人才培养——以《流体力学》为例（2025YBXM0216, XJGKC202410）。

¹ **第1作者简介：**田雨泽（1970-），男，硕士研究生，教授，研究方向：新型建筑材料、装配式建筑。E-mail: 319933700033@ustl.edu.cn。

* **通讯作者简介：**杨斌（1989-），男，博士研究生，副教授，研究方向：多源信息融合与深度学习的尾矿库灾变智能预警研究，矿山采动岩体突冒突涌防治及边坡工程稳定性研究。E-mail: yangbin673039297@126.com。