

新工科背景下材料学科交叉通识课程的构建与探索

—以《前沿交叉新材料与工程应用》为例

王迪*, 徐大可

东北大学材料科学与工程学院, 沈阳 110819, 辽宁, 中国

摘要: 在新工科建设的背景下, 传统材料类专业的单一学科培养模式逐渐暴露出知识体系割裂、与工程实际脱节等深层次局限。本文基于成果导向教育理念与 CDIO 工程范式, 以东北大学前沿交叉新材料与工程应用课程为例, 探讨了依托材料、微生物与化学三大学科深度交叉的教学改革路径。课程以解决真实工程问题为驱动, 重构了涵盖基础理论、科研实践与工程应用的三阶递进式模块化知识网络; 在实施环节推行了产教融合的校企协同育人模式, 并适度融合了数字化信息平台的辅助验证作用; 同时构建了重过程、重产出的多元评价机制, 实现了由知识传授向能力建构的转变。实践表明, 该课程设计有效提升了本科生在面对复杂工程场景时的多维视角与系统决策能力, 为高校培养材料学科交叉人才提供了可复制的实践范式。

关键词: 新工科; 材料科学与工程; 多学科交叉; 前沿新材料

Construction and Exploration of Interdisciplinary General Education Courses in Materials Science under the Emerging Engineering Education Context: A Case Study of Frontier Cross-Disciplinary New Materials and Engineering Applications

Di Wang*, DaKe Xu

School of Materials Science and Engineering, Northeastern University, Shenyang 110819, Liaoning, China

Abstract: Against the backdrop of Emerging Engineering Education (3E) initiatives, the traditional single-discipline training model in materials-related majors has gradually revealed deep-seated limitations, including fragmented knowledge frameworks and disconnection from practical engineering applications. Grounded in Outcome-Based Education (OBE) principles and the CDIO (Conceive – Design – Implement – Operate) engineering paradigm, this paper takes the course Frontier Cross-Disciplinary New Materials and Engineering Applications at Northeastern University as a case study to explore a teaching reform pathway driven by deep interdisciplinary

Copyright © 2026 by author(s) and Ufascience Publisher.
This work is licensed under the Creative Commons Attribution international License (CC By 4.0)
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



文章引用: 王迪, 徐大可. 新工科背景下材料学科交叉通识课程的构建与探索—以《前沿交叉新材料与工程应用》为例[J]. 教育发展与创新前沿, 2026, 4(1): 19-24.
DOI: <https://doi.org/10.61784/fedi3>

integration across materials science, microbiology, and chemistry. The course is motivated by solving authentic engineering problems and restructures a three-tier progressive modular knowledge network encompassing fundamental theory, scientific research practice, and engineering applications. In implementation, it adopts an industry - education integrated school - enterprise collaborative education model, with appropriate integration of digital information platforms for auxiliary verification. Meanwhile, a multi-dimensional assessment mechanism emphasizing both process and outcomes is established, facilitating a shift from knowledge transmission to competence development. Practical results demonstrate that this course design effectively enhances undergraduates' multi-perspective thinking and systematic decision-making capabilities when confronting complex engineering scenarios, providing a replicable practical paradigm for cultivating interdisciplinary talents in materials science in higher education institutions.

Keywords: Emerging engineering education; Materials science and engineering; Multidisciplinary interdisciplinary; Frontier new materials

一、引言

随着新一轮科技革命与产业变革的加速推进, 现代工程领域的发展正呈现出高度复杂化、系统化和跨学科化的显著特征。新材料作为支撑智能制造、绿色能源、以及深海深空装备等前沿技术的核心物质基础, 其研发与应用早已跨越了单一学科的传统边界, 加速向生物学、信息科学、环境科学等多学科进行深层次渗透。这种技术迭代的突变, 意味着未来的材料学突破将越来越依赖于多学科交叉的融合创新。

面对这一历史性机遇与挑战, 国家“新工科”建设明确提出, 要着力提升学生解决复杂工程问题的能力, 加大课程整合力度, 推广实施案例教学、项目式教学等研究性教学方法, 注重综合性项目训练 [1]。在这一宏观诉求下, 通识选修课作为打破专业壁垒、启蒙本科生跨学科思维的第一阵地, 其建设质量与改革深度直接关系到拔尖创新人才的培养底色。因此, 构建面向材料学科的交叉通识课程体系, 不仅是对新工科建设理念的积极响应, 更是重塑材料类复合型人才核心竞争力的时代必然。

二、交叉学科的迫切需求与传统教育模式的滞后

尽管产业界与学术界对跨学科复合型人才的需求日益迫切, 但目前高校材料类通识与交叉课程的教学现状仍受限于传统的“以学科为界”的惯性思维, 导致人才培养规格难以跟上技术迭代的步伐。现有的许多交叉通识课程在内容组织上往往陷入“拼盘式”教学的误区, 即仅仅将材料学、化学、生物学等多个学科的基础知识进行物理拼接与线性罗列, 致使知识体系割裂, 缺乏底层机理的深度交融。学生在学习过程中, 通常是孤立地记忆各学科的表层概念, 只见树木不见森林。这种缺乏底层逻辑交融的知识体系, 导致学生难以在头脑中形成有效的知识联动, 极大地限制了其系统性交叉思维的形成与提升。

此外, 传统的教学模式多以教师单向的理论灌输为主, 缺乏真实产业技术痛点的有力牵引。教材内容往往滞后于日新月异的工程前沿, 实践环节也多以结果已知的验证性实验为主, 导致学生在面对工程导向的材料科学问题, 诸如极端深海环境材料服役、海洋防腐防污一体化材料设计与全生命周期评价时, 往往缺乏宏观系统统筹的能力, 难以提出兼具科学先进性与工程落地价值的解决方案 [2]。另外, 传统以期末纸笔测试为主的终结性考核方式, 其评价标准往往侧重于考察学生对静态知识点的短时记忆能力。这种单一评价机制, 既无法真实还原学生在项目协作中展现出的沟通表达与团队协作精神, 也无法灵敏地度量学生在面对未知工程场景时的交叉融合与综合研判能力, 进而制约了学生创新实践潜能的全面释放。因此, 重构一门以真实应用为导向的材料类交叉通识课程, 实现教学范式从“单向知识传授”向“高阶能力建构”的深刻转变, 已成为破局传统工程教

育困境的必然诉求。

三、多学科交叉通识课程的构建与探索

针对传统教学中知识体系割裂的痛点, 东北大学《前沿交叉新材料与工程应用》通识选修课程的设计以成果导向教育(OBE)理念为指引, 确立了“材料为主、交叉为骨、应用为本”的重构原则。课程摒弃了按传统学科目录按部就班的讲授方式, 而是将目光投向国家重大战略与产业前沿, 以真实的复杂工程问题作为知识组织的锚点, 从课程模块、实施手段和评价机制三个维度进行了系统性改革, 其核心逻辑演进如下图所示:

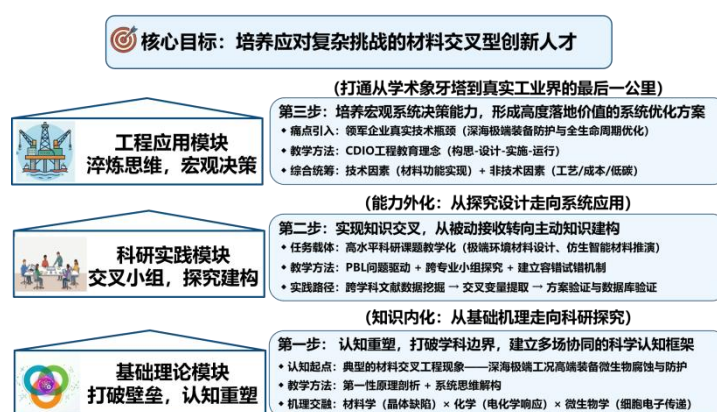


Figure 1 Logic Diagram of a Three-tiered, Progressive, Modular Teaching System that Follows the Laws of Engineering Cognition

图 1 遵循工程认知规律的三阶递进式模块化教学体系逻辑图

该课程打破了传统教材“章、节、目”的线性叙事结构, 实施了“基础理论—科研实践—工程应用”的三阶递进式模块化设计, 基于整体系统思维设计了多维交叉的知识体系架构。基础理论模块致力于对知识解构与系统认知, 不再孤立讲授单科概念, 而是以典型的“跨界工程现象”为认知起点 [3]。课程以“深海极端环境耐腐蚀新材料的服役行为与机制”为例, 同步聚焦深海服役材料自身的晶体结构与缺陷演变 (材料学视角)、表面防腐涂层官能团的电化学响应机制 (化学视角), 以及深海特定微生物群落代谢活动对材料剥离的加速作用 (生物学视角) 等环境多源因素的交互协同规律。在具体的教学实施中, 教师引导学生去解构深海服役场景中的复杂现象, 探究高压、高盐、多重应力及生物附着等不同学科因素在同一物理空间内的耦合机理。通过这种底层机理的深度交融, 课程打破了学生头脑中固有的“学科结界”, 使其在学习初期就能跳出单一维度的视域, 建立起多尺度、多物理场协同的科学认知框架, 从而为后续复杂前沿工程问题的求解奠定坚实的跨学科理论基座。

科研实践模块坚持“科教融合”理念, 依托学院国家级科研平台的优势资源, 将前沿的高水平科研课题进行教学化改造, 全面推行基于问题学习(PBL)的小组探究模式。学生以跨专业团队为单位, 针对某一开放性子课题, 自主开展跨学科文献数据挖掘、交叉变量提取与实验方案论证。在此过程中, 课程提供充分的容错机制, 鼓励学生提出假设并利用现代材料数据库进行试错与验证 [4]。该模块的核心在于淬炼学生在面对无标准答案的开放性科学课题时, 如何跨界迁移知识、进行多变量控制的逻辑自洽, 以及如何运用批判性思维对预期之外的实验数据进行多学科交叉溯源, 切实实现学生从被动知识接收者向主动知识建构者的根本转变。

工程应用模块全面引入 CDIO (构思-设计-实施-运行) 工程教育理念, 旨在将教学场景无限逼近真实的工业应用生态, 着力培养学生的宏观系统工程决策能力。在场景创设与痛点引入环节, 课程坚决摒弃理想化的实验室模型, 直接引入领军企业在实际生产或复杂服役环境中面临的真实技术瓶颈, 如深海极端装备的腐蚀防护。

这些问题往往伴随着高度的模糊性、矛盾性和多重约束。在系统统筹与综合评价方面, 课程要求学生在提出解决方案时, 不仅要综合调动前期的跨学科理论来解决材料功能实现的技术问题, 更要强制性地纳入对非技术因素的综合考量 [5]。学生必须站在卓越工程师的战略高度, 兼顾工艺放大的可行性、技术经济分析中的成本控制、绿色低碳要求以及工程伦理等非技术因素的综合考量。最终, 学生需要形成并答辩一份具有高度落地价值的系统优化方案, 这一过程切实打通了从学术象牙塔走向真实工业界的最后一公里。

在整体的课程建设中, 基础理论模块推翻了“先分别传授、再由学生自行联系”的低效模式。教师直接以深海服役装备微生物腐蚀与防护这一天然的跨界前沿领域为切入点, 通过深度剖析功能材料与微生物发生界面腐蚀的交互作用从接触概念之初就形成系统的多学科交叉思维方式。随着教学情境的推进, 课程顺畅过渡到跨学科实践与科研训练模块, 紧密结合工业界关注的微生物防污材料和新能源储能材料等特色课题, 引导学生以研究小组的形式开展文献检索与方案构思, 淬炼其在未知、模糊场景下的多维知识迁移与整合运用能力 [6]。最后, 前沿应用与工程实践模块则扮演着能力落地的关键角色, 教学内容直面国家重大战略需求或企业的真实技术瓶颈, 通过设计极具挑战性的开放式工程课题, 全方位逼近真实的工业服役环境, 将学术积累逆向转化为解决复杂工程问题的硬核实践素养。

四、基于“产教融合”的教学实施

为确保模块化体系的落地生根, 该课程在教学载体与实施路径上进行了协同创新, 具体的实施方案如图 2 所示。首先, 深化“双师双课堂”模式, 打通产教融合的生态闭环。课程采取校企联合的协同育人机制: 理论解析环节由具备跨界科研背景的校内专任教师主导, 抽丝剥茧夯实学理基础; 综合案例研讨环节则引入行业领军企业的资深工程师, 结合真实的工业生产线故障或实务规范进行现场导向的进阶授课 [7]。这种时空联动的教学场域, 极大拓宽了学生的工程视野。其次, 适度融入数字化工具, 启蒙现代数据驱动思维。顺应新工业革命趋势, 课程在实践探究环节引入 MatChat AI 等材料数据库与数字化信息平台。教师将其定位为“智能辅助验证手段”, 启发学生利用大数据加速材料筛选, 并结合底层物理化学机制对模型预测结果进行批判性反思与二次修正, 从而系统启蒙现代数据驱动的创新思维。



Figure 2 Implementation of Teaching based on Industry-education Integration

图 2 基于产教融合的教学实施

跨学科交叉教学范式的成功转型, 依赖于评价机制的同步重塑。该课程废除了单一刻板考核模式, 构建了重过程、重能力、重产出的多元化评价体系。考核机制全面覆盖了问题识别、系统设计与协作表达三个核心维度。通过随堂交叉案例研讨与阶段性的文献溯源报告, 评估学生穿越表象、准确识别核心矛盾并自如调用多学

科视角进行要素解构的复杂问题剖析能力 [8]。在项目式学习 (PBL) 阶段, 侧重审视学生将多元知识进行逻辑熔炼, 提出兼顾科学原理与工业落地可行性的跨界方案设计能力。期末依托大型工程项目路演与现场答辩, 综合考量学生在跨专业团队中的分工协作默契, 以及使用规范工程专业语言进行方案展示和技术辩护的团队协作与表达能力。

五、改革成效与学生收获

通过上述系统性、立体化的教学改革,《前沿交叉新材料与工程应用》课程在提升学生综合工程素养方面取得了令人瞩目的成效。学生不仅在学理认知上得到了拓展, 更在实践能力上实现了跨越式的提升。截至目前, 本课程已累计覆盖全校九个学院近 120 名本科生, 在期末的匿名学情问卷调查中, 学生对该课程教学模式的综合满意度高达 98.5%。

在面对复杂的开放性工程课题时, 学生不再受限于单一专业视角的盲区。通过基础机理的交融与科研实践的淬炼, 学生能够自如调用材料、化学与生物的交叉眼光对工程要素进行系统解构。在近期的课程期末答辩中, 涌现出了诸如材料科学与工程学院学生“环境响应型自修复防污涂层的分子结构设计及其在海洋装备中的长效服役评估”、生命健康学院“基于合成生物学的靶向抗菌多肽工程化改造及其在医用钛合金表面的功能化应用”等一批兼具学术深度与极高工程应用潜力的优秀跨学科设计方案, 学生跨学科思辨与问题解决能力得到显著提升。

在“双师”指导与真实痛点牵引下, 学生深刻体会到了成本、环保、工艺一致性等非技术因素在真实工程项目中的决定性作用, 其宏观战略决策能力得到了系统性培育。同时, 学生跳出了传统的经验试错法, 初步掌握了利用前沿数字化 AI 平台进行数据检索、特征提取与辅助验证的现代工程师素养, 为未来从事前沿研发打下了坚实的数字化基础, 针对现代工程决策与现代工具应用能力大幅增强。此外, 项目式学习 (PBL) 与多元化评价机制激活了学生的学习状态, 跨专业的分组协作不仅让学生学会了如何使用跨学科的专业语言进行高效沟通与妥协折中, 大幅提升了应对复杂系统工程挑战的自信心与工程表达能力, 有效激发创新内生动力与团队协作默契。

六、结语与未来展望

在新工科建设全面向纵深推进的时代背景下,《前沿交叉新材料与工程应用》课程的主动探索与破局, 为传统工科专业的通识教育升级提供了一条极具操作性与学术价值的改革路径。通过确立宏观背景、直面教学痛点、重构模块化知识体系并全面落实产教融合, 该课程成功打造了多学科交叉育人的新生态, 实现了从知识本位向核心素养本位的深刻转型。面向未来, 课程团队将进一步拓宽多学科联合授课的学术辐射面, 深化虚拟仿真实践平台的资源建设, 并探索校际间交叉课程资源的共建共享机制。力求将这一兼具学术底蕴与工程落地价值的教改范式, 推广至更多相关工科专业的创新拔尖人才培养体系中, 为我国高等工程教育的高质量、可持续发展贡献更为丰硕的改革成果。

基金:

东北大学 2025 年度本科教育教学研究与改革立项项目: 跨学科交叉型本科人才培养模式创新与实践, 基金号: XJGYB12025098;

2025 年度辽宁省普通高等学校本科教学改革研究项目: 新工科背景下交叉型拔尖创新人才培养模式构建与实践探索, 基金号: 2025YBXM0193;

2025 年度辽宁省普通高等学校本科教学改革研究项目: 面向学科交叉的材料科学与工程人才创新创业教育研究与实践, 基金号: 2025YBXM1321。

参考文献

- [1] 刘永利, 季洪梅, 祁阳. “新工科”类前沿交叉通识课程的建设探讨——以奇妙的功能陶瓷课程为例. 高教学刊, 2021(25): 11-14, 18.
- [2] 韩奇钢, 梁策, 李义, 张志强. “通专融合”的材料成型类课程改革探索. 教育教学论坛, 2023(11): 41-44.
- [3] 元想胜, 杨学良, 罗海玉, 等. 新工科背景下材料类专业应用型人才培养改革创新. 职业发展与教育, 2025, 1(14): 31-33.
- [4] 郝建秀, 张庆, 傅海涛, 等. 新工科背景下学科交叉融合教育体系构建研究——以材料研究与测试方法和材料分析实验课程为例. 赤峰学院学报(自然科学版), 2023, 39(12): 97-100.
- [5] 丁晓红, 徐婕, 刘瑞来, 等. 基于OBE-CDIO背景下高分子材料与工程专业课程群教学改革. 广东化工, 2022, 49(6): 217-218.
- [6] 王莉玮, 高仁金, 薛涵与, 等. 新工科背景下产教融合课程建设探索与实践——以高分子材料基础(双语)课程为例. 高教学刊, 2024, 10(1): 99-102.
- [7] 翟显, 李敏, 廖冬梅, 等. 新工科通识实践课程建设. 实验科学与技术, 2023, 21(5): 65-69.
- [8] 刘丽丽. 新工科背景下“材料科学基础”课程教学改革探索. 科教导刊, 2023(30): 131-133.