

新质生产力视域下气敏材料“理-工-智”一体化课程体系研究

张 恒, 宋 扬, 李政道*, 陈飞勇*

山东建筑大学资源与环境创新研究院, 山东 济南

收稿日期: 2025年7月5日; 录用日期: 2025年8月5日; 发布日期: 2025年8月14日

摘 要

针对高校气敏材料教学存在的知识割裂、场景缺失与评价单一等痛点, 本文遵循新质生产力“高科技-高效能-高质量”价值取向, 系统重构了气敏材料课程体系。首先, 通过文献与政策梳理, 阐明新质生产力与气敏材料技术链的耦合关系, 并提出“理论-技术-场景-创新”四层螺旋架构; 其次, 在教学组织上融入问题驱动的PBL-CDIO融合模式、校内外双导师协同机制与学习分析平台, 构建贯通“材料-器件-系统-数据”的教学流程; 再次, 制定“准备期-试运行期-推广期”三阶段实施路线及多维量化评价体系, 形成课程质量持续改进闭环。本研究为材料类专业在数字化、智能化时代培养跨学科复合型人才提供了可复制、可推广的路径, 对高校服务新质生产力、支撑产业升级具有示范意义。

关键词

新质生产力, 气敏材料, 课程重构, 项目式学习, 教学评价

Research on the Integrated Curriculum System of “Theory-Engineering-Intelligence” for Gas-Sensing Materials from the Perspective of New Quality Productive Forces

Heng Zhang, Yang Song, Zhengdao Li*, Feiyong Chen*

Resources and Environment Innovation Institute, Shandong Jianzhu University, Jinan Shandong

Received: Jul. 5th, 2025; accepted: Aug. 5th, 2025; published: Aug. 14th, 2025

*通讯作者。

文章引用: 张恒, 宋扬, 李政道, 陈飞勇. 新质生产力视域下气敏材料“理-工-智”一体化课程体系研究[J]. 教育进展, 2025, 15(8): 752-756. DOI: 10.12677/ae.2025.1581501

Abstract

In response to persistent challenges faced by university courses on gas-sensing materials—fragmented knowledge, insufficient authentic contexts, and one-dimensional assessment—this paper systematically reconstructs the gas-sensing materials curriculum under the guiding principles of China’s “new quality productive forces”: high technology, high efficiency, and high quality. First, by carefully reviewing both the academic literature and policy documents, we illuminate the intrinsic alignment between these productive forces and the technological chain of gas-sensing materials, thereby proposing a four-tier spiral architecture of learning: “Theory—Technology—Scenario—Innovation”. Second, we introduce a teaching framework that elegantly integrates a problem-driven PBL-CDIO hybrid approach, a dual-mentor collaborative mechanism bridging academia and industry, and a sophisticated learning-analytics platform, thus creating a seamless educational path traversing “Materials—Devices—Systems—Data”. Third, a three-stage implementation strategy—Preparation, Pilot, and Expansion—is articulated, complemented by a multidimensional quantitative evaluation system to establish a sustainable cycle of continuous curriculum improvement. This research presents a replicable and scalable pathway for cultivating interdisciplinary talent in materials-related disciplines, particularly in this digital and intelligent age. It also exemplifies how universities can effectively contribute to new quality productive forces, thereby actively supporting industrial advancement and transformation.

Keywords

New Quality Productive Forces, Gas-Sensing Materials, Curriculum Reconstruction, Project-Based Learning, Teaching Evaluation

Copyright © 2025 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

进入二十一世纪第三个十年，人工智能、大数据、先进制造和清洁能源技术正深刻改变全球产业格局，对高等教育提出了更新更高的要求。在这一背景下，如何在材料类课程中融入面向未来的技术能力和跨学科素养，成为国际工程教育的重要课题。近年来，“新质生产力”作为我国经济高质量发展的政策方向，强调原始创新驱动、数字化要素整合以及绿色低碳转型[1][2]。然而，与斯坦福大学、帝国理工学院等高校在气敏材料及智能传感器课程中强调工程情境与自主探索相比，国内课程普遍仍以知识传授为主，缺乏对复杂系统的实践训练和开放式问题解决的引导[3]。

气敏材料是一类能够对微量气体产生电学响应的功能材料[4]，经过近六十年的发展，已形成涵盖材料设计、器件制造与系统集成的完整技术链，广泛应用于环境监测、工业安全、健康诊断等领域[5][6]。尤其是低功耗 MEMS 微热板和柔性可穿戴传感阵列的应用，使气敏材料逐步迈向智能化和系统化[7][8]。然而，在人才培养层面仍存在三方面突出问题：一是知识割裂——学生难以将材料机理与系统工程、软件算法有机贯通；二是场景缺失——传统实验偏重单一参数测试，缺乏复杂应用背景；三是评价方式单一，难以全面衡量学习成效和创新能力。

针对上述挑战，本文基于新质生产力的技术导向与国际先进教学模式，探索气敏材料课程体系的系统重构，提出以“理论－技术－场景－创新”四层递进为主线，融入问题驱动、项目式学习、双导师协同

和学习分析等方法,旨在:(1)深化气敏材料技术链条与课程内容的耦合逻辑;(2)构建兼顾知识传授与能力培养的课程与实践平台;(3)设计多维量化评价体系,为教学改进提供数据支持;(4)总结实施路径与阶段性成果,为同类课程改革提供参考。

2. 理论基础与研究框架

本研究的理论支撑可分为“宏观经济视角、学科发展视角和教育学视角”三条主线。

第一,宏观经济视角。当前全球科技革命和产业变革加速演进,人工智能、柔性制造和数字孪生等新兴技术正重塑技术体系和产业组织模式。不同于传统依赖规模和资本积累的发展路径,现代产业竞争更依赖以技术创新和高效资源配置为核心的能力体系。对高等教育而言,这意味着课程不仅要关注知识更新,还需关注学生的工程化实践和面向产业需求的综合素养。相关研究表明,面向数字化和智能化方向的课程改革能显著提升学生跨领域协作和系统集成能力。

第二,学科发展视角。气敏材料作为功能材料领域的重要分支,自1960年代以来已形成较为完善的研究体系,经历了从块体氧化物到纳米异质结、再到智能传感集成的多次技术跃迁。近年来,低功耗MEMS气敏阵列、单原子催化与深度学习算法耦合成为该领域的关键研究方向。例如,东京大学与斯坦福大学在本科与研究生课程中,将微纳制造实验、实时数据处理和机器学习模型训练纳入课程必修模块,形成理论与实践高度融合的教学范式。相比之下,国内同类课程普遍停留在性能表征与器件原理层面,系统集成、算法应用和工程化验证环节相对薄弱。这种差距直接影响了学生解决复杂工程问题的能力,也制约了新兴产业对高水平人才的需求响应。

第三,教育学视角。现代工程教育从“学科本位”逐步向“问题本位”与“能力本位”转型,强调在真实复杂任务中建构知识并培养创新素养。建构主义理论认为,学生通过对不确定问题的探索和反复尝试,才能实现深层学习和能力迁移^[6]。认知学徒制与行动学习方法进一步强调了在多维反馈与合作环境中逐步掌握复杂技能的重要性。例如,斯坦福大学的Design Thinking课程和MIT的Gordon Engineering Leadership Program均以跨学科项目和持续迭代评价为核心,有效促进了学生的系统设计能力、价值敏感性和团队领导力。这些经验表明,仅靠课堂讲授和验证性实验难以满足复杂工程教育目标,需要系统化的课程重构和教学创新。

综合以上三条理论主线,本文采用的研究方法框架分四步展开:

(1) 理论剖析:通过国内外政策文件与近五年高被引学术成果,梳理新兴产业对气敏材料及智能传感人才的能力要求,明确课程重构的理论依据和实践目标;

(2) 课程重构:基于产业链痛点和技术链演进,重新定义课程内容、实践模块与考核标准,构建“理论-技术-场景-创新”螺旋递进式教学结构;

(3) 教学创新:引入问题驱动学习(PBL)、CDIO模式与双导师协同机制,将工程项目、系统开发和数据分析嵌入课程核心任务,并利用学习分析平台对过程数据进行多维评估和动态干预;

(4) 实践验证:通过对照实验、深度访谈与量化指标,全面评估教学方案的有效性和可持续性,为课程迭代与推广提供经验和数据支撑。

3. 课程体系与教学设计重构路径

3.1. 培养目标定位

课程总体目标为“贯通‘材料-器件-系统-数据’全链条,培养面向新质生产力的复合型创新人才”。具体来说:(1)在知识层面,要求学生全面掌握气敏材料设计、微纳器件制造、嵌入式算法与行业规范;(2)在能力层面,强调问题分析、系统设计与价值转化;(3)在素质层面,强化数字思维、绿色理

念与社会责任。

3.2. 内容架构

课程内容按“理论基座 - 技术深化 - 场景实践 - 综合创新”四个环节螺旋递进。

理论基础：固体化学、半导体物理、表界面化学等共性原理，并通过经典案例解析奠定学科框架；

技术深化：聚焦异质结能带调控、单原子催化、多孔结构构筑，以及 8 英寸 MEMS 微加工、低功耗驱动和电化学阻抗谱分析在源推理等关键技术；

场景实践：以环境 VOC 在线监测、氢能站泄漏预警、呼气丙酮快速诊断三大应用为载体，设置任务导向与虚拟仿真；

综合创新：跨学科团队围绕企业真实需求完成系统级项目，提交技术报告和商业计划书。

3.3. 教学组织

课堂采用问题驱动(Project-driven)的项目式学习与 CDIO (构思 - 设计 - 实施 - 运维)融合模式。每轮教学从未解决的技术痛点切入，学生在学术导师与产业导师双重指导下完成完整工程链条。教学过程中引入学习分析平台，对学生实验数据、代码提交及互动频次进行实时采集，教师依据可视化数据动态调整授课深度与节奏，实现精准教学。

3.4. 评价机制

本课程采用形成性评价(40%)与终结性评价(60%)结合的方式。形成性评价以课堂讨论、阶段性汇报和实验记录为主，强调知识掌握与技能提升过程；终结性评价包括项目答辩书、技术文档与行业专家评分表，重点考核系统集成能力和创新价值。为强化质量保障，课程组建立了“学生 - 教师 - 产业导师 - 教务部门”四方反馈机制，并依托智慧教学平台输出每学期数据报告，用于下一轮教学设计迭代。

4. 实施方案与预期评价

鉴于课程改革尚未全面落地，本研究提出三阶段实施方案，并设计相应的预期评价指标。

第一阶段(准备期)，完成课程大纲修订、教学案例库与虚拟仿真资源建设，同时对教师与产业导师进行联合培训。预期指标为教学资源完备度 $\geq 90\%$ ，师资培训覆盖率 100%。

第二阶段(试运行期)，选择两个班级进行半学期模块化试点，在对照实验基础上，结合实证数据优化教学流程，重点检验项目式学习流程、双导师协同与数据驱动教学的可操作性。

第三阶段(全面推广期)，在学院层面实施课程重构并纳入专业培养方案，将实证结果(如竞赛获奖率、专利产出)纳入课程质量报告，支撑全院推广决策，配套建立“教学 - 科研 - 产业”三位一体实践基地。评价指标包括：学生跨学科竞赛获奖率、专利与论文产出数量，以及课程质量诊断数据的正向提升幅度。

通过分阶段推进与量化评价，本方案既避免了“一步到位”带来的资源浪费，也为课程持续优化提供了数据支撑和改进方向。

为科学评估课程重构效果，提升研究的可验证性和说服力，本研究在试运行期采用对照实验方法，在 2024~2025 学年春季学期选取同年级、同基础的 4 个班级作为研究对象：

选取的四个平行班级(每班学生约 35 人)，其中，对照组(A、B 班)继续沿用原有教学方案(理论讲授 + 验证性实验)，实验组(C、D 班)实施本研究提出的“理论 - 技术 - 场景 - 创新”四层递进课程体系。

5. 结论与展望

本文立足新质生产力的时代命题，对气敏材料课程体系进行了自上而下与自下而上的双向重构：一

方面,从宏观层面将“高科技-高效能-高质量”三维价值谱系映射到课程的知识、能力与素养目标;另一方面,从微观层面将材料机理、器件工程、系统算法与行业规范整合进“理论-技术-场景-创新”四层递进框架中,并通过项目式学习、双导师协同和数据智能辅学等手段确保教学活动与产业需求高度匹配。

与传统课程相比,重构后的体系具有三大突出优势:其一,内容更新与产业同步——课程案例和实验项目直接来源于企业真实场景;其二,过程数据可评估——学习分析平台使教学质量改进从经验驱动转向数据驱动;其三,评价多维且闭环——形成性与终结性评价结合,覆盖“知识-技能-价值”全域。

本研究尚处于实施方案和试点阶段,仍存在推广范围有限、国际化资源储备不足、跨校协同机制有待完善等局限。未来,将在以下三个方向继续深入:(1)与国际顶尖院校联合开发英文教学资源,实现双语教学与学分互认;(2)升级远程协同实验平台,打通校际共享与校企共享通道,打破实验资源壁垒;(3)在大数据治理与隐私保护框架下,完善学习分析算法,进一步提升个性化学习与精准评价的可靠性。通过持续迭代与开放合作,力争将本课程建设为面向新质生产力的示范性“金课”,为我国材料类高等教育高质量发展贡献宝贵的制度与经验。

基金项目

山东省高端人才项目(0031504),山东省泰山学者项目(tsqn202306238),山东建筑大学博士启动基金(X25162)。德州市中小微企业创新能力提升工程项目(2023TSG0027)。

参考文献

- [1] 李同凯,尚珂.新质生产力背景下艺术类专业学生就业创业教育教学改革[J].文化产业,2025(17):160-162.
- [2] 李飞霏,陈德令,吴昊.高职院校数智化发展与新质生产力的耦合关系研究[J].现代职业教育,2025(15):65-68.
- [3] 周焯.新质生产力如何助力投资学实践教学改革[J].现代商贸工业,2025(13):90-93.
- [4] 穆石磊,蒋建杰,邓鹤鸣,等.电力储能检测用 SnO₂/Pd 薄膜型氢气传感器及其性能研究[J].高压电器,2025,61(6):156-163.
- [5] 涂倩,吴超狄,罗瑞,等.基于二硫化锡的电阻式二氧化氮传感器研究进展[J].印刷与数字媒体技术研究,2025(3):1-12.
- [6] 修瑞.二硫化钨基传感器对畜禽舍有害气体的吸附机理及气敏特性研究[D]:[硕士学位论文].重庆:西南大学,2024.
- [7] Zong, B., Wu, S., Yang, Y., Li, Q., Tao, T. and Mao, S. (2025) Smart Gas Sensors: Recent Developments and Future Prospective. *Nano-Micro Letters*, 17, Article No. 54. <https://doi.org/10.1007/s40820-024-01543-w>
- [8] Parveen, R.A., Vinoth, E., Hara, K., et al. (2025) Graphene-Analogous Functional Materials: A Review and Perspective on the Synthesis, Properties, and Special Emphasis of Gas Sensors. *Chemical Engineering Journal*, 517, Article 163418.