工程教育认证导向下材料专业工程伦理育人体系构建与 AI 智慧评价教学改革

巨　佳　翁瑶瑶　王　珏　巴志新　章晓波

南京工程学院材料科学与工程学院 江苏 南京 211189

【摘　要】：针对当前材料类专业工程伦理教育与专业教学“两张皮”、育人体系碎片化、实践载体薄弱、评价方式单一等突出问题，本文以工程教育认证为导向，以 OBE（成果导向教育）理念为指引，构建了“价值引领、资源支撑、实践强化、数据赋能”四维一体的工程伦理育人体系。以江苏省一流课程《材料与环境 A》为载体，通过重构课程目标、校企共建动态案例库、构建递进式实践链、引入 AI 全过程评价等路径，将工程伦理教育有机融入材料类专业人才培养全过程。实践表明，该体系有效提升了学生的工程伦理意识、社会责任感和复杂工程问题解决能力，可为应用型工科专业开展课程思政与工程伦理教育改革提供参考。

【关键词】：工程教育认证；OBE 理念；工程伦理；四维一体；材料类专业；教学改革

DOI:10.12417/2705-1358.26.16.021

1 引言

工程教育认证是国际通行的工程教育质量保障制度，其核心在于“以学生为中心、其核心在于“以学生为中心、以成果为导向、持续改进”的三大理念。其中，成果导向教育（Outcome-Based Education,OBE）强调从毕业要求出发反向设计课程体系与教学活动，并通过多元评价持续改进，确保每位学生达成预期学习成果。在工程教育认证的通用标准中，“工程与社会”“环境和可持续发展”“职业规范”等毕业要求均直接指向工程伦理素养，因此，工程伦理教育已成为我国工程教育改革的必然要求。

材料科学与工程专业作为国民经济的重要支柱专业，其人才培养质量直接关系到制造强国和“双碳”战略的实施。材料的生产、加工、使用与废弃全过程涉及资源消耗、能源消耗、环境排放、生态安全等一系列复杂问题，尤其需要以工程伦理作为价值基准。然而，当前许多高校的材料类专业在工程伦理教育方面仍存在较为突出的问题，制约了人才培养质量的全面提升。

因此，面向工程教育认证要求，基于 OBE 理念构建系统化的工程伦理育人体系，是材料类专业教学改革亟待解决的重要课题。本文以南京工程学院材料类专业为对象，以江苏省一流课程《材料与环境 A》为依托，围绕工程伦理导向的“四维一体”教学改革实践展开研究，以期为同类院校提供参考。

2 OBE 理念下“四维一体”工程伦理育人体系设计

2.1 体系构建依据：成果导向与工程伦理的耦合

工程教育认证的核心理念是 OBE，即从毕业要求出发，反向设计课程体系和教学活动。材料类专业人才培养方案确定的毕业要求中，“工程与社会”要求学生能够评价工程实践对社会、环境的影响，并理解应承担的责任；“环境和可持续发展”要求学生具备绿色设计和可持续发展意识。工程伦理素养正是这些毕业要求的重要内涵。因此，必须以 OBE 理念为指引，将工程伦理教育目标分解为可衡量、可达成的学习成果，并据此设计教学内容和评价方式。

2.2 体系总体框架

基于上述逻辑，本文提出了“价值引领、资源支撑、实践强化、数据赋能”四维一体的工程伦理育人体系。其中，“价值引领”解决“认同什么”的问题，“资源支撑”解决“用什么教”的问题，“实践强化”解决“怎样做”的问题，“数据赋能”解决“如何评”的问题。四个维度相互支撑、协同发力，形成“价值内化—资源支撑—实践强化—数据赋能”的螺旋上升育人路径，逐层递进地支撑工程认证毕业要求的达成，体系结构如图 1 所示。

2.3 价值引领：构建“知识模块—思政元素”双维映射

在 OBE 理念下，课程组深度剖析《材料与环境 A》等核

基金项目：江苏省高等教育教改研究立项课题，行业组织“三维驱动”赋能应用型人才培养的机制研究与实践——以材料类专业为例，2025JGYB340；南京工程学院校级教学改革与建设项目高等教育教改研究课题培育项目，工程伦理导向的材料类专业“四维一体”育人体系构建：全周期·多场景·数据驱动的创新实践，JXGG2025ZX08；南京工程学院校级教学改革与建设项目人工智能课程建设项目，材料力学性能，JXZN20253017；南京工程学院 2026 年度高等教育研究课题，AI 赋能应用型材料工程师的德育改革：伦理导向、体系重构、智慧评价，2026GJZC04。

心课程中的伦理价值内涵，以材料全生命周期理论为主线，从“学科知识、工程应用、文化传承、社会责任”四个层面构建思政元素矩阵。例如，在讲授金属冶金工艺时，引入梅钢集团绿色转型案例，通过“视频还原工业场景+伦理责任矩阵分析”的教学模式，引导学生认识冶金废渣资源化率提升背后的生态责任；在讲授稀土功能材料时，结合跨境稀土贸易中的资源战略安全问题，引导学生思考“资源主权与技术伦理”的辩证关系；在讲授废旧高分子材料回收时，嵌入“废玻璃高掺技术”“退役电池拆解”等案例，培养学生的循环经济理念。通过这种映射方式，将家国情怀、生态文明、科技强国等价值元素有机融入专业知识教学，实现“知识传授—能力培养—价值塑造”三位一体目标，从而支撑“工程与社会”“环境和可持续发展”等毕业要求的达成。

2.4 资源支撑：校企协同共建动态案例库

工程伦理教育需要丰富且紧跟行业前沿的教学资源。本体系联合梅钢集团、江苏时代等行业龙头企业，将企业真实项目数据、行业标准和法规政策及时转化为育人资源。具体而言，一是升级“材料工程伦理案例库”至 2.0 版，新增“跨境稀土贸易环境法规冲突”“退役动力电池拆解权责界定”“欧盟电池法案合规性设计”等交叉性案例，形成覆盖材料获取、加工、废弃处理全过程的思政要素图谱；二是与江苏省机械工程学会联合编制《材料工程师伦理决策指南》，将绿色设计、碳足迹追溯、循环技术合规性等指标纳入行业伦理标准，使行业规范成为育人标尺；三是依托校企共建的实践教学基地，形成“课程理论—企业案例—实践基地”联动的资源体系。这些资源保障为教学改革提供了有力支撑。

2.5 实践强化：构建“课程实验—企业实训—竞赛实战”三级项目链

伦理素养的养成需要真实情境的载体。教学团队设计了递进式实践体系：第一层，课程实验。在“材料回收与再生综合实验周”中设置废电池分选工艺参数优化任务，要求学生在铜回收率≥92%与砷排放浓度＜0.01mg/m³ 的双重约束下寻求最优解，培养“技术—环境”协同优化思维。第二层，企业实训。将梅钢集团“转炉钢渣制备透水建材”等真实项目分解为多个伦理决策关键节点，由企业导师发布需求、学生团队制定方案、校企行三方认证，使学生在真实工程场景中体会利益相关方的价值冲突。第三层，竞赛实战。组织学生参加“节能减排竞赛”“材料回收及资源综合利用方案设计大赛”等，要求竞赛方案中不低于 10%的内容须体现伦理决策分析，从而训练学生在创新中平衡商业可行性与伦理正当性的高阶能力。通过三级递进，实现从伦理认知到伦理行动的跨越。

2.6 数据赋能：AI 驱动的全过程多元评价

为破解伦理素养难以量化评价的难题，本体系开发了人工智能赋能的思政育人分析平台。该平台运用语义分析技术，抓取学生案例分析报告、项目方案、实验记录中的“可持续发展”“社会责任”“循环经济”等关键词密度及决策逻辑链完整性，同时结合实验操作合规性存证和竞赛表现，生成“价值观认知指数—工程伦理实践力”双维度画像。例如，在钢铁企业超低排放改造项目中，AI 能够自动追踪学生方案设计中的碳排放因子变化，动态呈现学生由“末端治理”思路向“源头减量”思路跃迁的轨迹；在“稀土配额分配模拟谈判”中，通过解析学生语言逻辑量化资源公平意识。在此基础上，平台进一步构建涵盖“课堂—实验—企业—竞赛”的全过程评价模型，形成“教学—评价—改进”闭环，持续优化教学策略。

3 教学改革实践——以《材料与环境 A》课程为例

南京工程学院材料科学与工程专业是国家一流本科专业建设点、江苏省品牌专业，近年来紧密对接工程教育认证标准，持续开展教学改革。《材料与环境 A》是材料类专业的一门江苏省一流课程，也是本改革的核心载体。以下重点介绍基于“四维一体”体系的教学实践。

3.1 重塑课程目标，明确伦理学习成果

依据 OBE 的“反向设计”原则，课程组结合工程教育认证毕业要求，将课程目标重构为三个层面：知识层面，掌握材料全生命周期评价（LCA）的基本理论与方法；能力层面，能够运用生命周期思想分析材料生产、使用和废弃过程中的环境影响；价值层面，树立可持续发展理念和工程伦理决策能力。特别是将“能够在材料工程实践中评价环境与安全影响，并理解应承担的社会责任”作为一项可衡量的课程目标，与毕业要求指标点直接对应。

3.2 重构教学内容，形成伦理映射图谱

课程打破传统的“材料分类”章节结构，按照“材料与资源获取—材料与加工制造—材料与使用性能—材料与废弃处理”的生态链条组织教学内容。每个模块均嵌入相应的伦理议题：在资源获取模块，以“稀土矿开采中的生态修复与资源战略”为案例；在加工制造模块，引入“钢铁工业超低排放改造中的成本效益平衡”问题；在废弃处理模块，设置“退役动力电池回收中的跨境废物转移规则”专题。通过“案例导入—伦理冲突识别—决策框架构建—价值观提炼”四步教学法，引导学生形成系统的伦理认知。

3.3 产教协同实施，驱动真实项目融合

课程充分利用区域产业资源，与梅钢集团共建“冶金固废资源化”实践基地。在“固废资源化利用”章节，教学团队将

企业实际课题“转炉钢渣制备透水建材”引入课堂，由企业工程师担任联合指导教师。学生分组完成原料分析、工艺路线设计、环境效益评估等任务，并提交包含碳足迹分析和伦理风险评价的项目报告。近年来，已有 3 项学生方案被企业纳入技术储备，并申请专利。这类真实项目不仅提升了学生解决复杂工程问题的能力，更让他们在多方利益博弈中体会到工程师的责任伦理。

3.4 构建竞赛平台，促进伦理素养外化

为进一步强化实践效果，课程组依托全国大学生节能减排大赛、“互联网+”创新创业大赛等赛事，构建了以竞赛为抓手的实践通道。在“材料回收及资源综合利用方案设计大赛”中，学生围绕废旧光伏组件回收、废旧轮胎再生利用等选题，从技术、经济、环境、伦理等多维度进行系统分析。例如，2024 年参赛团队在“废玻璃高掺技术”方案中，主动引入碳排放核算与环境影响评价，实现了技术方案从“物性达标”向“环境友好”的价值跃迁。近三年，学生获全国热处理大赛一等奖 6 项、二等奖 15 项，江苏省“互联网+”大学生创新创业大赛二等奖 3 项，工程伦理素养与创新能力同步提升。

3.5 应用 AI 评价，实现全过程动态追踪

课程全面上线基于 AI 的学习分析系统。在随堂讨论中，系统自动记录学生发言中的伦理关键词密度；在实验教学中，系统对废玻璃掺量梯度测试、废电池分选等操作合规性进行存证；在期末综合设计中，系统分析学生方案文本中的“可持续性”“社会责任”主题分布，并结合团队协作频次生成伦理素养雷达图。通过持续数据积累，形成覆盖全周期的学生伦理素养档案。例如，某团队在“钢铁企业超低排放改造”项目中，其方案碳排放因子从初稿的 1.2 tCO_2/t 降至终稿的 0.8 tCO_2/t，AI 系统清晰呈现了其“双碳责任意识—工艺改进能力”的协同成长曲线。这些数据也为教师优化教学提供了客观依据。

4 教学成效分析与讨论

经过三轮教学实践，基于“四维一体”体系的工程伦理教育改革取得了积极成效。

（1）学生伦理意识显著增强：通过对课程案例研讨文本的语义分析，学生主动使用“循环经济”“碳排放”“社会责任”等伦理关键词的密度较改革前提升了约 40%；在实验报告和项目方案中，主动开展环境影响评价的学生比例从不足 20% 提升至 65%以上。问卷调查显示，92%的学生认为课程“让自己意识到材料工程师的社会责任远不止于技术实现”。

（2）复杂工程问题解决能力明显提升：由于引入了企业真实项目和竞赛实战，学生的工程系统思维得到强化。在梅钢钢渣透水建材项目中，学生团队提出利用钢渣替代部分天然骨料、同时通过级配优化降低水泥用量的方案，使产品全生命周期碳排放降低约 30%。这类成果表明，学生已经能够在伦理约束下进行技术决策，不再单纯追求性能或成本最优。

（3）毕业要求达成度有效支撑：对照工程教育认证标准，课程改革有效支撑了“工程与社会”“环境和可持续发展”等毕业要求指标点的达成。AI 评价平台积累的过程性数据为毕业要求达成度评价提供了定量依据，也为专业持续改进提供了数据支撑。

（4）讨论与反思：尽管改革取得了阶段性成效，但仍存在一些需要改进的问题。一是案例库的动态更新需要企业持续投入，如何建立长效的校企合作机制仍有待探索；二是 AI 评价虽能捕捉伦理语言特征，但对深层价值内化程度的判断仍不够精准；三是“四维一体”体系在其他专业中的迁移适用性还需要进一步验证。下一阶段，团队将联合长三角兄弟高校建立“工程伦理教育联盟”，推动案例库和评价工具的区域共享，以持续提升改革成效。

5 结论

本文面向工程教育认证的新要求，以 OBE 理念为指引，依托《材料与环境 A》课程，构建并实践了“价值引领、资源支撑、实践强化、数据赋能”四维一体的材料类专业工程伦理育人体系。该体系通过重构课程目标、深挖伦理映射点、深化产教协同、强化实践训练和引入 AI 智能评价，有效解决了工程伦理教育与专业教学融合不深、育人体系碎片化、评价方式单一等突出问题，显著提升了学生的工程伦理素养和复杂工程问题解决能力，为应用型工科专业的工程伦理教育改革提供了可借鉴的经验。未来将继续完善评价模型，拓展校企协同深度，推动成果向更多工科专业辐射推广。

参考文献：

[1] 教育部.教育部关于加快建设高水平本科教育全面提高人才培养能力的意见[Z].2018.
[2] 中国工程教育专业认证协会.工程教育认证标准(2023 版)[S].2023.
[3] 李志义.成果导向教育的理论与工程教育实践[J].高等工程教育研究,2014(2):1-8.
[4] 张春梅,王宇.新工科背景下材料类专业课程思政建设的探索与实践[J].中国冶金教育,2022(3):45-48.
[5] 李勇,刘丽.材料工程伦理教育案例库建设与应用研究[J].教育教学论坛,2023(15):119-122.