

基于“通用-特用”AI模型构建的人工环境工程课程群改革与实践

唐初阳 刘广强 白斌 王焕然

辽宁科技大学土木工程学院

摘要: 针对人工智能通用模型与人工环境工程专业需求脱节的问题, 本文构建了基于“智能化+4”的课程群体系, 探索从通用AI技术到专业特用模型转化的教学路径。通过将工程流体力学与空气动力学理论及其应用、工程热力学理论及应用、工程燃烧学及煤的清洁利用技术、绿色建筑四门核心课程与五个软件著作权成果(供热全域能效优化与碳排管理系统、火管锅炉排烟预热与能效优化系统、多变量吸附预测与分析系统、基于机器学习的生物热解产物高效预测软件、生物质热解气体检测分析软件)深度融合, 建立了“理论教学—算法开发—工程应用”三阶递进式教学模式。实践表明, 该模式有效提升了研究生运用AI技术解决复杂工程问题的能力, 实现了科研成果向教学资源的转化, 为培养“智能化+人工环境”复合型人才提供了可复制的范例。

关键词: 人工智能; 课程群建设; 特用模型; 人工环境工程; 研究生教育

DOI: 10.65976/3080-0374.2026.08.073

引言

随着 ChatGPT、DeepSeek 等通用大模型的爆发式发展, 人工智能技术正深刻重塑工程教育范式^[1-2]。然而, 通用模型在专业工程领域存在“最后一公里”的落地困境: 一方面, 通用模型缺乏对人工环境工程特定物理机理的深度理解^[3]; 另一方面, 研究生虽掌握机器学习算法, 却难以将其转化为解决供热优化、燃烧控制、能效管理等具体工程问题的专业工具。如何弥合这一鸿沟, 培养既懂AI通用技术又能开发专业特用模型的高层次应用型人才, 成为新工科背景下研究生教育改革的关键命题^[4]。

辽宁科技大学人工环境工程方向依托“智慧燃气”百人计划及省级一流专业建设基础, 在2024年启动了“基于人工智能背景下的人工环境工程专硕‘智能化+4’培养模式改革”项目。项目团队依托与鞍山华润燃气、辽宁坤盛天成供热有限公司等企业的深度合作, 先后开发了供热全域能效优化与碳排管理系统、火管锅炉排烟预热与能效优化系统等五套拥有自主知识产权的专业软件, 并获得计算机软件著作权登记。这些成果不仅解决了企业实际工程难题, 更重要的是形成了“以研促教、以软著为载体”的教学资源, 为探索“通用AI技术—专业特用模型—工程实践应用”的转化路径提供了鲜活案例。

本研究以四门专业核心课程群建设为抓手, 将软件著作权开发过程中的技术路线、算法逻辑和工程数

据转化为教学案例, 构建了基于BOPPPS理念优化的“智能化+4”教学模式^[5]。

通过项目驱动学习, 引导研究生在掌握随机森林、神经网络等通用算法的基础上, 结合工程热力学、流体力学、燃烧学的专业约束条件, 开发具有领域知识的特用预测与优化模型, 从而实现从“会用AI”到“善用AI解决专业问题”的能力跃升。

一、“智能化+4”课程群体系的构建

(一) 课程体系设计原则

本课程体系以“通用基础厚植、专业特用强化、工程问题导向”为核心理念, 遵循三项设计原则。

(1) 跨学科知识融合原则。打破传统工科“重机理轻智能”的壁垒, 在保持人工环境工程热物理基础理论深度的同时, 将计算机科学的机器学习、数据分析方法系统性地嵌入专业课程, 构建“热科学+AI”的交叉知识结构^[6]。

(2) 科研成果反哺教学原则。以五件软件著作权为教学锚点, 将企业真实工程问题、实际运行数据及算法开发过程转化为教学案例, 实现“科研项目—软著成果—教学资源”的贯通, 确保教学内容与行业技术前沿同步。

(3) 能力递进培养原则。建立“认知—模拟—创成”三阶能力链: 低年级研究生通过课程学习理解通用AI模型原理; 中高年级利用仿真软件(如Fluent、

DeST)进行数值模拟。在课题研究阶段,引导学生针对具体工程场景(如锅炉燃烧优化、管网输配调度)开发特用软件工具,形成可落地的知识产权成果。

(二)课程体系建设框架

围绕“智能化+4”改革目标,构建了覆盖四门核心课程、贯穿“基础理论—算法开发—软件实现”全过程的课程群矩阵(见图1)。该框架以四门课程为横向支撑,以三个教学层次为纵向递进。

(1)横向课程维度:工程流体力学与空气动力学理论及其应用课程侧重多相流动与传质过程的AI建模;工程热力学理论及应用课程聚焦热力系统能效优化与焓分析的智能算法;工程燃烧学及煤的清洁利用技术课程涵盖热解、燃烧产物预测与污染物控制模型;绿色建筑课程则整合上述技术,构建建筑能源系统全生命周期碳排放管理模型^[7]。

(2)纵向能力维度:基础层通过校企合作授课掌握Python、TensorFlow等通用工具;进阶层在专业课程中嵌入CFD与机器学习融合计算;高阶层以导师团队与企业联合指导的方式,完成特用软件的开发与著作权申报。

(三)基于软著成果的特用模型教学模块设计

将五件软件著作权的核心技术解构为四个教学模块,形成“案例库—算法包—实训平台”三位一体的教学资源。

(1)能效优化与碳排管理模块(对应供热全域能效优化与碳排管理系统、火管锅炉排烟预热与能效优化系统)。在工程热力学理论及应用课程中,引入辽宁坤盛天成供热有限公司的实际运行数据,讲解如何将遗传算法、粒子群优化等通用优化算法与锅炉热力计算、管网水力平衡等专业模型耦合。学生通过修改热源负荷预测模型的特征工程参数,理解通用回归算法在供热系统这一特定约束条件下的适配性改造,最终掌握开发“火管锅炉排烟预热与能效优化系统”所需的机理建模与数据驱动融合方法。

(2)多变量吸附与传质预测模块(对应多变量吸附预测与分析系统)。针对工程流体力学与空气动力学理论及其应用课程中复杂的吸附传质过程,传统数值模拟存在计算耗时长长的瓶颈。教学中引入该软著采用的随机森林与支持向量机融合模型,展示如何利用通用机器学习框架,通过引入Langmuir吸附等温线、Dubinin-Radushkevich方程等专业本构关系作为特征约束,构建面向气体净化工艺的特用预测工具^[8]。

学生在“校企共建实验室”中,利用实际吸附装置的运行数据训练模型,体会通用算法与领域知识融

合的必要性。

(3)热解产物智能预测模块(对应基于机器学习的生物热解产物高效预测软件、生物质热解气体检测分析软件)。在工程燃烧学及煤的清洁利用技术课程中,围绕生物质与煤共热解过程,教学团队将软著开发过程中积累的实验数据与代码框架开放给学生。研究生在掌握BP神经网络、长短期记忆网络(LSTM)等通用时序预测模型基础上,学习如何引入热重分析(TGA)动力学参数、挥发分释放特性等专业变量,构建“生物热解产物高效预测软件”^[9]。通过对比通用模型与特用模型的预测精度(通常特用模型 R^2 可提高15%~20%),学生深刻理解领域特征工程的重要性。

(4)智慧能源系统集成模块。在绿色建筑课程中,整合前述三个模块的技术,指导学生开发“供热全域能效优化与碳排管理系统”。该模块强调多系统耦合:将锅炉燃烧优化(热力学)、管网输配(流体力学)、热源调度(系统优化)通过AI算法整合,形成覆盖“源—网—荷—储”全链条的智慧能源管理软件架构。

二、“通用—特用”转化教学模式的实施

(一)实施对象与平台

本教改项目面向辽宁科技大学土木水利专业人工智能方向2024级及2025级专业学位硕士研究生。依托“鞍山华润燃气—辽宁科技大学新能源联合实验室”及“辽宁省研究生联合培养示范基地”,构建了“校内理论授课—企业数据支持—联合实验室开发”的三位一体实施平台。

(二)教学实施流程

以“火管锅炉排烟预热与能效优化系统”软著的开发过程为教学主线,展示“通用AI技术→专业特用模型→软件著作权成果”的完整教学链条。

(1)课程导入与问题聚焦(Bridge-in)。在工程热力学理论及应用课程初始,引入辽宁坤盛天成供热有限公司的实际痛点:传统火管锅炉排烟温度高(通常160~180℃),余热回收效率低,且缺乏实时优化调控手段。通过展示企业历史运行数据(负荷波动、燃料特性、环境参数),提出核心问题:如何利用AI技术实现锅炉效率的实时预测与燃烧参数的自动优化?此环节打破学生对通用AI模型“包治百病”的迷信,认识到专业场景需要特用模型。

(2)理论基础与通用算法学习(Objectives&Pre-assessment)。明确分层教学目标:基础层掌握锅炉热力计算原理与Python编程;进阶层理解随机森林、XGBoost等集成学习算法;高阶层能够融合传热学机理与数据驱动方法。通过前测诊断学生编程基础与热

力学知识储备,对薄弱环节推送“微课补学”资源。

(3)参与式学习与特用模型构建(Participatory Learning)。采用“双导师+项目制”教学。校内导师讲解排烟热损失计算、过量空气系数优化等专业知识;企业导师(鞍山华润燃气高级工程师)提供锅炉DCS系统实时数据。学生分组完成以下任务。

一是特征工程特化:区别于通用预测模型仅使用温度、压力等表观参数,引导学生引入锅炉热力计算中的关键无量纲数(如雷诺数 Re 、普朗特数 Pr)及燃料特性参数(挥发分含量、低位发热量),构建具有热力学意义的特征空间。

二是模型架构定制:针对锅炉燃烧的非线性、大滞后特性,指导学生改进通用神经网络结构,引入物理信息神经网络(PINN)思想,将能量守恒方程作为约束嵌入损失函数,开发“火管锅炉排烟预热与能效优化系统”的核心算法^[10]。

三是软件工程实践:在“智能化实验室”中,学生学习将Python算法封装为可部署的软件系统(获得软著登记所需的文档化、模块化成果),掌握Git版本控制、GUI界面设计(PyQt)等工程化技能。

(4)工程验证与迭代优化(Post-assessment)。将学生开发的预测模型部署到企业实际锅炉系统进行验证。对比传统PID控制与学生开发的AI优化系统,实测锅炉效率提升3%~5%,排烟温度降低15~20℃。通过“后测—诊断—补偿”闭环,对预测偏差大的工况(如低负荷运行、燃料切换)进行算法迭代,培养学生解决复杂工程问题的批判性思维。

(5)成果转化与知识固化(Summary)。引导学生将开发过程整理为软件著作权申请材料(源代码、设计说明书、测试报告),目前已有3组学生的课程项目成果申请软著。通过撰写技术文档,学生将隐性知识显性化,形成可复用的工程经验。

(三)校企协同的“云课堂”与实验室教学

突破传统课堂边界,建立“校企共建实验室”实体平台与“云课堂”虚拟平台。企业工程师通过“云课堂”实时展示燃气锅炉、换热站的智能控制系统运行界面;学生可在实验室远程访问企业脱敏后的运行数据库,进行模型训练与验证。这种“云—端”协同模式,使研究生能够在校园内完成从数据获取、模型开发到工程应用的全流程实践。

三、教学效果与数据分析

(一)数据采集与评估体系

建立涵盖“教学过程—能力达成—成果产出”的三维评估体系:

(1)教学过程数据:通过超星学习通平台采集学生视频观看时长、在线测试成绩、虚拟仿真实验操作记录;记录校企联合授课的出勤率与互动频次。

(2)能力达成数据:采用改编的Watson-Glaser批判性思维量表(工程版),评估学生解决复杂工程问题的逻辑推理、方案评估能力;通过代码审查评估学生算法开发规范性。

(3)成果产出数据:统计学生参与开发的软件著作权、发表的SCI/EI论文、获得的竞赛奖项。

(二)教学效果分析

(1)特用模型开发能力显著提升。对比2023级(传统教学)与2024级(教改实施)研究生:后者在课程项目中独立完成专业AI模型开发的比例从12%提升至68%;能够将通用机器学习算法(如Scikit-learn库中的标准模型)根据专业需求进行定制化改进(如添加物理约束、改进损失函数)的比例达75%。在“生物质热解产物预测”课程项目中,学生开发的特用模型预测精度($R^2=0.94$)显著优于直接套用通用模型($R^2=0.78$)。

(2)软件著作权与科研成果反哺教学效果显著。项目实施一年来,基于课程群建设已指导学生获得软件著作权5项(其中3项已登记,2项在审),发表SCI论文3篇(Bioresource Technology, Arabian Journal of Chemistry等)。更重要的是,这些成果已转化为下一届学生的教学案例,形成“科研—教学—再科研”的良性循环。例如,“多变量吸附预测与分析系统”软著中的特征选择方法,已被提炼为工程流体力学课程的标准教学模块。

(3)工程实践与就业竞争力增强。校企联合调查显示,参与“智能化+4”课程群学习的学生在企业实习期间,能够更快上手智慧能源管理系统的开发与维护。辽宁坤盛天成供热有限公司反馈,参与过“火管锅炉能效优化系统”开发的研究生,入职后独立承担项目的时间缩短约40%,体现出更强的“即战力”。

(4)批判性思维与跨学科融合能力改善。问卷调查显示,89%的学生认为“通用—特用”转化训练帮助他们建立了“AI算法必须结合专业机理”的工程思维;85%的学生表示通过软著开发过程,深刻理解了软件工程规范与科研代码的区别。在2025年中国研究生“双碳”大赛中,基于本课程群成果的项目获得二等奖2项。

四、结论与展望

本研究以人工环境工程专业学位研究生培养改革为切入点,构建了基于“智能化+4”的课程群体系,

探索了从通用 AI 技术到专业特用模型转化的有效教学路径。通过将供热能效优化、燃烧预测、碳排管理等五个软件著作权成果深度融入工程热力学、工程流体力学、工程燃烧学、绿色建筑四门核心课程,建立了“理论—算法—软件”三阶递进的教学模式。实践表明,该模式不仅提升了研究生运用人工智能解决复杂工程问题的能力,更重要的是培养了其“针对专业场景开发特用工具”的创新意识,实现了科研成果向教学资源的高效转化。

未来改革将沿三个方向深化:一是拓展特用模型的行业覆盖面,开发面向氢能利用、地源热泵等新兴领域的教学案例库;二是建设“人工环境 AI 模型开源社区”,促进校际间特用模型与教学资源的共享;三是探索建立“课程学习—软著开发—技术入股”的产学研深度融合机制,使研究生的课程成果能够更直接地服务于企业技术升级,真正实现“把论文写在祖国大地上”的培养目标。

参考文献:

- [1] Zhang C,Zhao Y F,El Haddad R.Understanding the impact of applying large language model in engineering design education[J].Journal of Computing and Information Science in Engineering,2025,25(2):1008-1019.
- [2] 张雅楠,张星宇.技术与标准双驱下教育通用大模型的创新应用研究[J].信息技术与标准化,2025(11):47-53.
- [3] 季宏宇,李冰冰.互联网+人工智能对高等教育影响研究——评《人工智能与教育:政策制定者指南》[J].科技管理研究,2023,43(9):223-231.
- [4] 张东海,高蓬辉,黄建恩,等.新工科背景下多学科交叉融合的建环专业人才培养模式探索与实践[J].高等建筑教育,2021,30(1):1-9.
- [5] 曹丹平,印兴耀.加拿大 BOPPPS 教学模式及其对高等教育改革的启示[J].实验室研究与探索,2016,35(2):196-203.
- [6] 黄章俊,徐呈辉,陈杰,等.基于机器学习的生物质热解炭产率预测的研究[J].林产化学与工业,2025,45(6):31-41.
- [7] 高苏蒂,杨坦,陈雅君,等.以校企共建实验室为平台的《建筑设备》教学模式研究——以安徽新华学院为例[J].天津中德应用技术大学学报,2020(2):34-38.
- [8] 徐传浩,刘天乐,陈浩然,等.基于机器学习的 MPs 吸附抗生素研究进展[J].环境化学,2025,44(12):4678-4688.
- [9] Balsora H K,Kartik S,Dua V,et al.Machine learning approach for the prediction of biomass pyrolysis kinetics from preliminary analysis[J].Journal of Environmental Chemical Engineering,2022,10(3):108025.
- [10] Xu J,Wei H,Bao H.Physics-informed neural networks for studying heat transfer in porous media[J].International Journal of Heat and Mass Transfer,2023,217:124671.